

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

RACIONALIZACE VÝROBY A KONTROLY VŘETEN VODÁRENSKÝCH ARMATUR

REDEPLOYMENT AND VERIFICATION SPINDLES WATER SUPPLY RIVER ARMOURS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Norbert Jelínek

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Perníkář, Csc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Norbert Jelínek

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní technologie a průmyslový management (2303T010)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Racionalizace výroby a kontroly včetně vodárenských armatur

v anglickém jazyce:

Redeployment and verification spindles water supply river armours

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Stávající způsob kontroly jakosti na lince včetně JMA Hodonín
2. Ověření způsobilosti měřicích a monitorovacích zařízení
3. Návrh statistického řízení a regulace výrobního procesu
4. Technicko-ekonomické hodnocení
5. Závěr

Cíle diplomové práce:

Pomocí statistického řízení a regulace výrobního procesu zajistit"

1. výrobu shodných kusů,
2. spolehlivý doklad o regulovanosti procesu.

Seznam odborné literatury:

1. PERNIKÁŘ, J., TYKAL, M. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-2.
2. ČECH, J., PERNIKÁŘ, J., PODDANÝ, K. Strojírenská metrologie. 4. přepracované vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 176 s. ISBN 80-214-3070-2
3. CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M. Meranie technických veličín. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 1999. 688 s. ISBN 80-227-1275-2.
4. ČSN 01 0115 Mezinárodní slovník základních termínů v metrologii.
5. VDA 5 Způsobilost kontrolních procesů. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost 2004. 112 s. ISBN 80-02-01656-4.
6. FIALA, A.: Statistické řízení procesů. Prostředky a nástroje pro řízení a zlepšování procesů. VUT v Brně, 1997. ISBN 80-214-0895-2

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jiří Pernikář, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 22.10.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Řešení problematiky výroby a kontroly vřeten vodárenských armatur pomocí metody SPC. Analýza způsobilosti měřidla pomocí metodiky MSA- C_g, C_{gk} . Vyhodnocení způsobilosti mechanického a digitálního třmenového mikrometru. Kontrola mezní úchyly mikrometrického šroubu v mezikalibračním intervalu. Ověření způsobilosti stroje a procesu. Sestrojení regulačního diagramu. Návrh nových kontrolních prostředků. Technicko-ekonomické hodnocení: úspora 110 560,-Kč, rentabilita 764,85%, návratnost 0,13 roku. Úspěšná aplikace metodiky SPC doložena dokladem o regulovanosti procesu.

Klíčová slova

Proces, aritmetický průměr, směrodatná odchylka, toleranční meze, meze zásahu, systematické a náhodné vlivy, způsobilost měřidla, způsobilost stroje a procesu, regulační diagram, součinitel přesnosti procesu, součinitel správnosti nastavení procesu.

ABSTRACT

Solving problems of production and calibration spindles water supply river armours by the help of method SPC. Analysis capability of gauge by the help of methodists MSA- C_g, C_{gk} . Evaluation capability of mechanical and digital outside micrometer. Verification limiting deviation of micrometrical screw in among - calibration interval. Attestation capability of machine and of the process. Construction of regulation diagram. Project of new control instrument. Technically-economic evaluation: savings 110 560,-Kč, profitability 764,85%, economic return 0,13 year. Successful application of methodists SPC attested by document about adjustability of the process.

Key words

Process, arithmetic mean, standard deviation, tolerance limit, purview hit, systematic and randomly influences, capability of gauge, capability of machine and of the process, regulation diagram, coefficient accuracy of the process, coefficient setting of the process.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JELÍNEK, N. *Racionalizace výroby a kontroly vřeten vodárenských armatur*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 62s., 8příloh. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Perníkář, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Racionalizace výroby a kontroly vřeten vodárenských armatur** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum:18.05.2009

.....
Norbert Jelínek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu doc. Ing. Jiřímu Pernikářovi, CSc za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále moje poděkování patří firmě PALSTAT s.r.o. za bezplatné poskytnutí softwaru, poradenství a školení ve zpracovávané problematice.

OBSAH

ZADÁNÍ	2
ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ.....	7
OBSAH	8
ÚVOD	10
1 STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB KONTROLY JAKOSTI NA LINCE VŘETEN VODÁRENSKÝCH ARMATUR	11
1.1 LINKA NA VÝROBU VŘETEN	11
1.2 KONTROLA VŘETEN NA PRACOVÍŠTI SP 12 CNC	11
1.3 VÝBĚR ZÁSTUPCE VYRÁBĚNÝCH VŘETEN.....	13
1.4 POUŽITÍ MĚŘICÍHO A MONITOROVACÍHO ZAŘÍZENÍ (MMZ)	13
2 OVĚŘENÍ ZPŮSOBILOSTI MĚŘICÍCH A MONITOROVACÍCH ZAŘÍZENÍ.....	13
2.1 ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ (MSA).....	14
2.2 ANALÝZA VLIVŮ	15
<i>Pravá hodnota(veličiny).....</i>	<i>16</i>
<i>Konvečně pravá hodnota(veličiny).....</i>	<i>16</i>
<i>Rozlišitelnost.....</i>	<i>16</i>
<i>Strannost.....</i>	<i>17</i>
<i>Opakovatelnost.....</i>	<i>18</i>
<i>Reprodukovatelnost.....</i>	<i>19</i>
<i>Stálost(Stabilita).....</i>	<i>19</i>
<i>Linearita.....</i>	<i>20</i>
<i>Kalibrace.....</i>	<i>21</i>
2.3 HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI MĚŘIDEL POMOCÍ C_G, C_{GK}	21
2.3.1 Použití rozpětí $4.s_g$	23
2.4 HODNOCENÍ C_G, C_{GK} DIGITÁLNÍHO MIKROMETRU	24
2.5 HODNOCENÍ C_G, C_{GK} MECHANICKÉHO MIKROMETRU	26
2.6 VYHODNOCENÍ OBOU TESTOVANÝCH MĚŘIDEL	28
2.7 MEZILHŮTOVÁ KONTROLA.....	29
3 NÁVRH STATISTICKÉHO ŘÍZENÍ A REGULACE VÝROBNÍHO PROCESU	31
3.1 ZPŮSOBILOST STROJŮ A PROCESŮ	31
3.1.1 Rozptylové vlivy ovlivňující výrobní proces	31
3.2 STANOVENÍ ZPŮSOBILOSTI STROJE.....	32
3.3 STANOVENÍ ZPŮSOBILOSTI PROCESU	38
3.3.1 Způsobilost procesu a jeho znaky.....	40
3.4 ZAVÁDĚNÍ METODIKY SPC DO VÝROBNÍHO PROCESU	46
3.5 SESTAVENÍ REGULAČNÍHO DIAGRAMU	48
3.5.1 Specifikace procesu.....	49
3.5.2 Výpočet hodnot pro regulační diagram.....	49
3.5.3 Interpretace regulačního diagramu	53
3.6 NÁVRH NA POŘÍZENÍ NOVÝCH KONTROLNÍCH PROSTŘEDKŮ	57
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	57
5 ZÁVĚR.....	59

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 60

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ..... 61

SEZNAM PŘÍLOH..... 63

ÚVOD

Problematika jakosti je nezbytnou součástí managementu úspěšných organizací. Cílem je zvýšení konkurenceschopnosti organizace, vyšší rentabilita nebo lepší využívání zdrojů. Problematika řízení jakosti, se zaměřením na plnění požadavků zákazníků a zúčastněných stran při současném snižování nákladů je dnes jednou z nejdůležitějších podnikatelských strategií. Základem pro řízení jakosti jsou normy ČSN EN ISO řady 9000, které preferují používání matematicko-statistických metod. V oblasti kontroly jakosti se tyto metody používají zejména při:

- statistické přejímce (kontrola jakosti subdodávek a ve výrobní kontrole zejména ve vyšších typech výrob,
- statistické regulaci výrobního procesu (systém SPC),
- určování způsobilosti měřících přístrojů.

Statistická regulace procesu (SPC – Statistical Process Control) nachází uplatnění především ve strojírenské výrobě při větších výrobních dávkách. Umožňuje vytvářet požadovanou jakost a přitom dodržovat výrobní náklady v přijatelných mezích.

Po dokončení modernizace linky vřeten v roce 2004 se v souvislosti s požadavky zákazníků mnohonásobně rozrostla řada vyráběných vřeten, jak co do rozměru, tak i do požadovaných tolerancí. Namísto dříve požadovaných desetitisícových sérií, které vytěžovaly linku v řádu týdnů, přišly opakované zakázky různých typů vřeten v řádech stovek kusů. Ruku v ruce s tímto požadavkem šel požadavek na jakost vřeten, který se diametrálně lišil od předchozích nároků na kvalitu.

Systém Kanban decentralizoval funkci řízení a vrátil ji zpět do dílny. Umožnil přizpůsobit přísun materiálu a zpracování výrobních úloh okamžitým požadavkům. Každé následující pracoviště se stalo zákazníkem pracoviště předchozího.

Zmodernizování výrobní linky bylo nutně spojeno se zavedením jednoúčelových obráběcích CNC center. Se zavedením vícestrojové obsluhy přišly zvýšené nároky na stupeň zaškolení obslužného personálu. Zavedení třísměnného provozu i kapacitní výkyvy v navazujících výrobních procesech pak zvýšily nároky na vzájemnou zastupitelnost obsluhy.

Výše zmíněné vlivy, tlak na racionalizaci výroby ze strany operativního managementu i příležitost k otestování softwaru počítačové podpory jakosti (CAQ) motivovaly autora ke zpracování pohledu na zmíněnou problematiku z hlediska užití matematické statistiky a metrologických zásad.

Studie popisuje jednotlivé kroky od verifikace způsobilosti technologií předepsaného měřidla po ověření metodiky SPC, která má zajistit výrobu shodných kusů a doložit tuto skutečnost dokladem o regulovanosti procesu.

1 STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB KONTROLY JAKOSTI NA LINCE VŘETEN VODÁRENSKÝCH ARMATUR

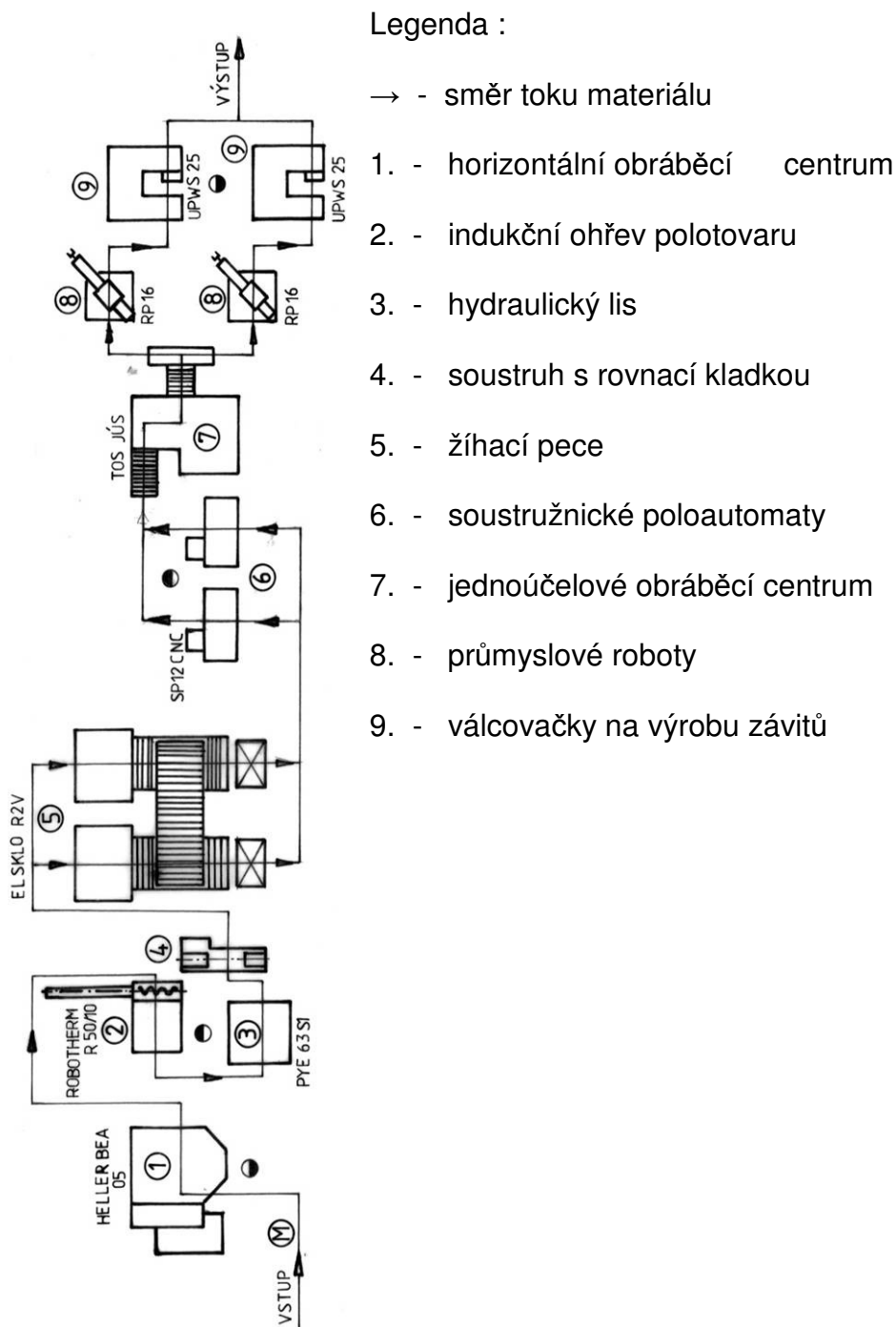
1.1 Linka na výrobu vřeten

Linka zajišťuje výrobu několika desítek typů vřeten pro vodárenské armatury dodávané koncernem VAG Mannheim, jehož je JMA Hodonín součástí. V průběhu roku 2004 prošla linka důslednou modernizací, díky níž může pružně reagovat na splnění konkrétních zakázek, a to jak po stránce množství, tak i kvality.

Začátek linky tvoří horizontální obráběcí centrum, kde je nadělený tyčový materiál nejprve opracován z čel a opatřen středícími důlky. Následuje indukční ohřev polotovaru na tvářecí teplotu. Hydraulickým lisem je na tyči vytvořen tvar pro budoucí nákrůžek. Jelikož dochází díky vzpěrným silám při lisování k prohnutí osy tyče, je vedle lisu umístěn soustruh, kde se provádí srovnání osy polotovaru. Nato jsou tyče uloženy do košů a přesunuty do pecí k normalizačnímu žihání. Další článek linky tvoří dvojice poloautomatických CNC soustruhů, které dodají vřetenu charakteristický tvar a část vřetene pod ucpávkou je zde dokončena na hotovo. Odtud je vřeteno přesunuto válečkovým dopravníkem do jednoúčelového obráběcího centra, kde dochází k opracování jehlanu, výrobě vnitřního závitu a vrtání díry pro příčný kolík. Z obráběcího centra jsou pomocí robotů přemístěna vřetena k poslední fázi výroby, kterou je válcování rovnoramenného lichoběžníkového závitu požadovaného rozměru. Kvůli ochraně závitu jsou vyrobená vřetena opatřena ochrannými návlaky z plastové síťoviny. Takto zabalená vřetena jsou uložena do europalet a převezena na montážní pracoviště (5). Schéma linky viz. obr. 1.1

1.2 Kontrola vřeten na pracovišti SP 12 CNC

Jak již bylo řečeno, jsou obráběcí operace na tomto pracovišti rozhodující pro jednak pro geometrický tvar vřetene před výrobou závitu, jednak pro funkční dokončení těsnící části vřetene na hotovo. Německý vlastník podniku zavedl za účelem snížení počtu režijních dělníků technické kontroly princip samokontroly výroby přímo výrobními dělníky na jednotlivých pracovištích. Jelikož podnik je již řadu let certifikován pod systémem EN ISO 9001, je ve smyslu tohoto předpisu provedeno na pracovišti označení a třídění výrobků barevnými identifikačními kartami s podpisy příslušného výrobního dělníka. Výrobky shodné s požadavky zákazníka jsou označeny bílými identifikačními kartami, výrobky neshodné ale opravitelné jsou označeny zelenými kartami a výrobky neshodné a neopravitelné jsou označeny červenými kartami. Výrobky opravitelné a výrobky neopravitelné mají každý svou barevně odlišenou paletu a jsou izolovány od ostatní produkce (5).



Obr. 1.1 Linka na výrobu vřeten (5)

Na konci směny provedou výrobní dělníci evidenci výkonu a stavu rozpracovanosti do systému CAPP prostřednictvím terminálů na svých pracovištích. Technologická návodka předepisuje kontrolu každého třetího kusu a jako měřidlo předepisuje třmenový mikrometr příslušného rozsahu. Současný výskyt neshodných a neopravitelných rozpracovaných vřeten jsou přibližně dva neshodné výrobky na 200 kusů produkce.

1.3 Výběr zástupce vyráběných vřeten

Na základě předchozího zjištění celkové produkce všech vyrobených kusů za minulý rok bylo vybráno vřeteno č.v. 4HA 3506 – 222 (dle výkresu v příloze č. 1), které se ukázalo pro účel zpracování této studie jako nejvhodnější.

Za jednu směnu se na jednom stroji SP 12 CNC vyrobí 200ks vřeten (na druhém stroji se většinou vyrábí jiný typ).

1.4 Použití měřicího a monitorovacího zařízení (MMZ)

Dle směrnice VDA 5 Způsobilost kontrolních procesů:

- *měřicí prostředky* jsou všechny měřicí přístroje, kalibry, referenční materiály, pomocné prostředky a návody potřebné pro provedení měření. Jsou v tom obsaženy měřicí prostředky sloužící ke kontrole i takové, které se používají pro kalibraci;
- *kontrolní prostředky* jsou měřicí prostředky, které se používají k vysvětlení shody ve vztahu ke stanoveným požadavkům.

Pro vřeteno dle výkresu HA 3506 – 222 je pro měření rozměru $24^{+0,05}_{-0,13}$, který je důležitým kontrolovaným jakostním znakem (utěsnění), technologem předepsán třmenový mikrometr o rozsahu 0 – 25mm. Hodnota jednoho dílku stupnice je 0,01mm. ČSN ISO 3611(3) udává jako mezní chybu měřidla pro tento typ a rozsah hodnotu $\pm 4\mu\text{m}$.

Pro porovnání byl mimo zmíněného měřidla ještě použit digitální třmenový mikrometr s rozlišitelností 0,001mm. Před použitím byla obě měřidla podrobena kalibraci v Technických laboratořích Opava a.s. Kalibrační protokoly obou měřidel jsou v přílohách.

2 OVĚŘENÍ ZPŮSOBILOSTI MĚŘICÍCH A MONITOROVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Ověření způsobilosti měřidel lze provádět z mnoha různých hledisek. Jak uvádí Pernikář (9) je základním hlediskem přesnost. Přesnost měřidla je přitom odlišit od přesnosti měření. Pro hodnocení přesnosti měřidla je třeba vyloučit všechny vlivy, které nemají s hodnoceným měřidlem žádnou souvislost.

Přesnost měřidla je jeho schopnost udávat za stanovených podmínek výstupní signály blízké pravé hodnotě měřené veličiny (9).

Měřicím přístrojem; měřidlem rozumíme zařízení určené k měření, ať už samotné nebo ve spojení s přidavným zařízením či zařízeními (2).

2.1 Analýza systému měření (MSA)

Metodika MSA (Measurement System Analysis) je zaměřena na systémy měření, u nichž lze měření na každém dílu opakovat. Účelem metodiky je poskytnout směrnice pro posuzování kvality systému měření.

Postupy dle literatury (8) zde zmíněné kvantifikují jednak způsobilost měřidel a měřicích zařízení (C_g , C_{gk}), jednak posuzují jakost celého měřicího systému (R&R).

Zmíněné postupy jsou založené na kontrole sledovaného MMZ v daném čase. V tomto okamžiku se vyhodnotí dané statistické charakteristické charakteristiky naměřených dat, porovnají se s charakteristikami z jiných okamžiků a provede se grafické vyjádření. Hodnocení grafického průběhu umožňuje odhadnout další trendy parametrů jakosti daného MMZ.

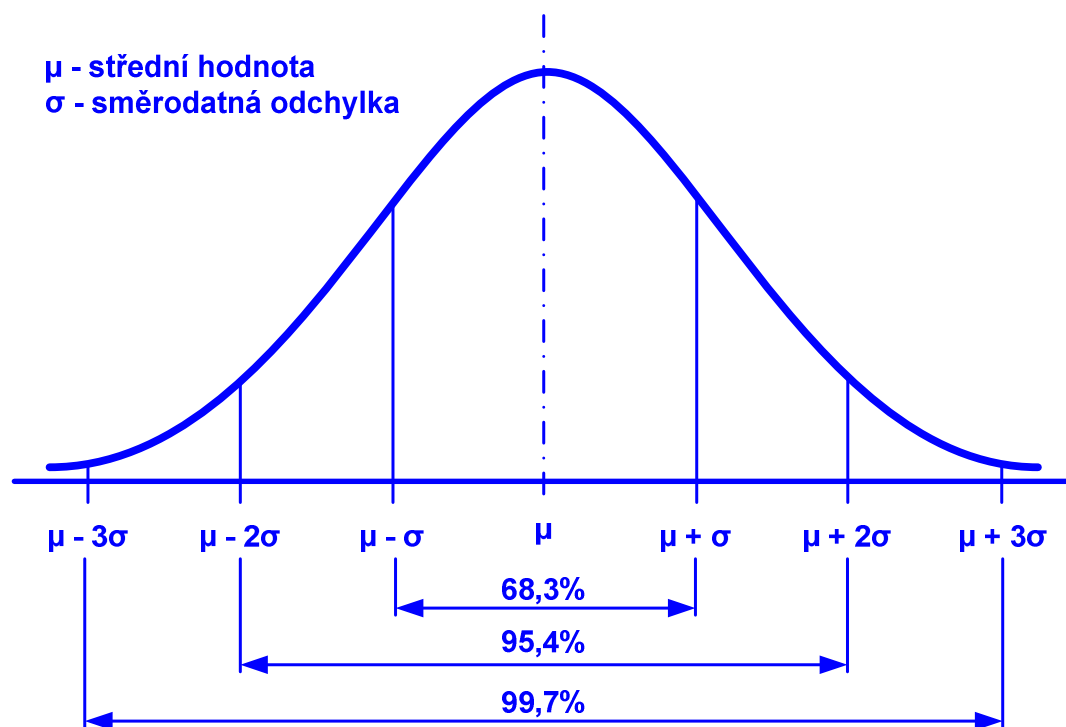
Na základě takto získaných parametrů je možno upravovat kalibrační interval sledovaného měřidla.

Pomocí postupů C_g , C_{gk} a R&R lze kvantifikovat následující statistické veličiny jakosti měřidla:

- strannost;
- opakovatelnost;
- reprodukovatelnost;
- stálost (stabilitu);
- linearitu.

MSA pracuje s variabilitou procesu měření obvykle popsanou normálním rozdělením (obr.2.1). Existují však systémy měření, které nejsou normálně rozděleny. Nastane-li tato situace a pracuje se s normálním rozdělením, může metoda MSA nadhodnotit chybu systému měření-Palstat (8).

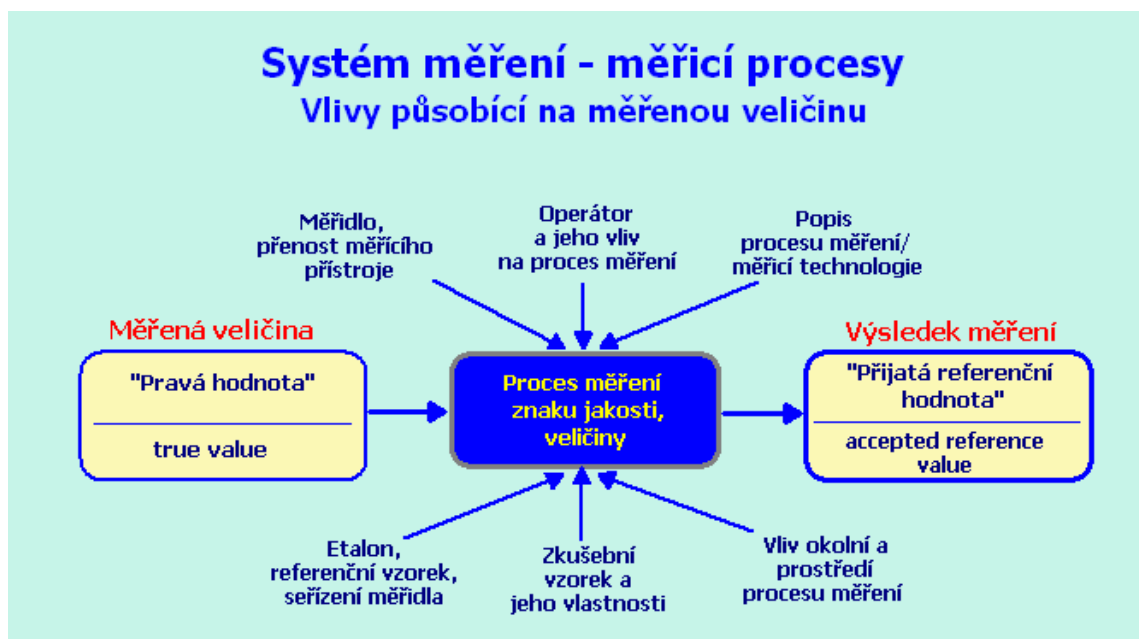
Z výše uvedených důvodů je potřeba znát činitele ovlivňující naměřené hodnoty a posoudit jejich význam vzhledem k použité metodice.



Obr.2.1 Normální rozdělení (8)

2.2 Analýza vlivů

Účelem analýzy vlivů je rozbor zdrojů variability, které následně umožní definovat a kvantifikovat omezení měřicího systému. Při vlastní analýze je základní podmínkou dostatečná rozlišitelnost měřidla, která umožní detekovat a věrohodně znázorňovat změny měřeného znaku. V případě nedostatečné rozlišitelnosti je bezpodmínečně nutné použít měřidlo s větší rozlišitelností (9). Vlivy působící na měřenou veličinu jsou schematicky znázorněny na obr.2.2.



Obr.2.2 Analýza vlivů (8)

Pravá hodnota (veličiny)

Je hodnota, která je ve shodě s definicí dané blíže určené veličiny. Pravou hodnotu v podstatě nelze určit (2).

Konvečně pravá hodnota (veličiny)

Je hodnota, která je přisuzována blíže určené veličině a přijatá, někdy konvencí, jako hodnota jejíž nejistota je vyhovující pro daný účel (2).

Dle literatury (1) ji lze získat např. měřením měřidlem s 10x větší rozlišitelností, obecně se jedná o hodnotu referenčního etalonu.

Rozlišitelnost

Je nejmenší rozdíl mezi indikacemi zobrazovacího zařízení, který může být prokazatelně rozlišován (2).

Pro digitální zobrazovací zařízení je to taková změna indikace, kdy nejnižší platná číslice se změní o jeden stupeň.

U všech kontrolních prostředků s ukazovatelem je zapotřebí stanovit rozlišení. Ukazovatel je pevná nebo pohyblivá část zobrazovacího zařízení jejíž poloha vzhledem ke stupnici umožňuje stanovit indikovanou hodnotu.

Kritériem pro použití měřicího prostředku dle VDA 5 (11) je míra rozlišení:

$$Mr (\%) = \frac{r}{T} \times 100 \quad (2.1)$$

kde T je toleranční pole kóty

Mr - míra rozlišení

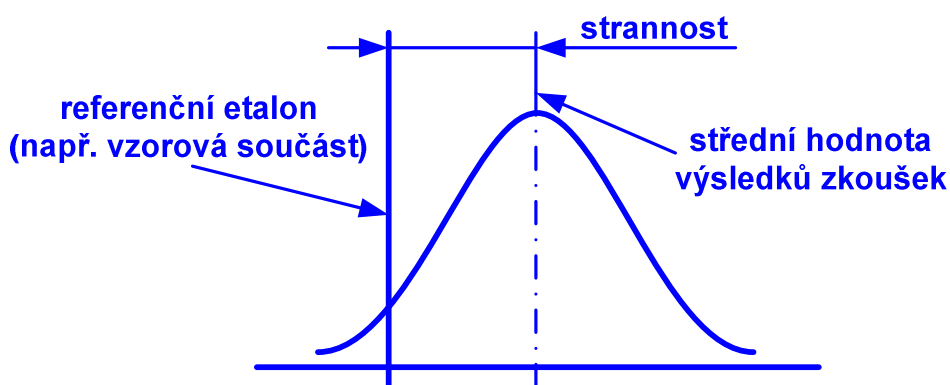
r - rozlišení

míra rozlišení (%) < 5% rozlišení vhodné

míra rozlišení (%) > 5% rozlišení nevhodné

Strannost

Je rozdíl mezi přijatou referenční hodnotou a střední hodnotou výsledků zkoušek. Strannost (obr.2.2) je míra systematické chyby měřicího systému. Pro kvantifikaci strannosti je třeba mít k dispozici konvečně pravou hodnotu znaku, která se získá zpravidla pomocí referenčního etalonu, např.vzorové součásti (2).



Obr.2.2 Strannost (8)

Jestliže je strannost výsledků měření příliš velká, je nutno prověřit potenciální příčiny :

- opotřebený nebo poškozený etalon;
- opotřebení měřidla;
- nesprávná kalibrace;
- měřidlo nevhodné pro danou aplikaci;
- deformace(měřidla nebo součásti);
- vliv operátora;
- vliv prostředí.

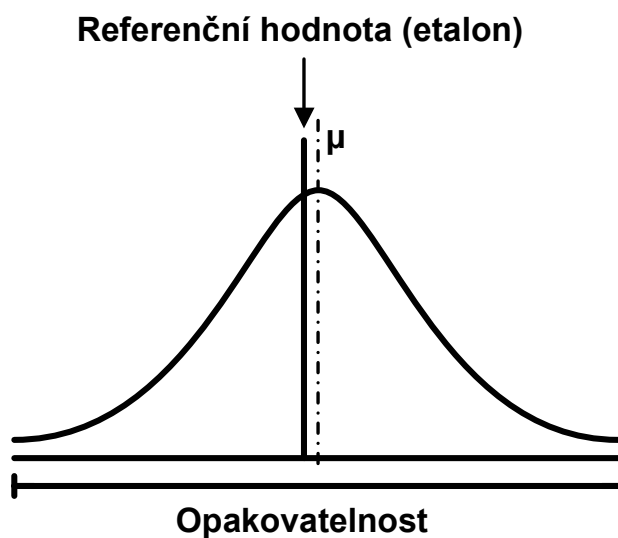
Opakovatelnost

Opakovatelnost (výsledků měření) je těsnost shody mezi výsledky po sobě následujících měření téže měřené veličiny provedených za stejných podmínek měření (2). Takové podmínky se nazývají podmínky opakovatelnosti a zahrnují:

- tentýž postup měření;
- tentýž pozorovatel;
- tentýž měřicí přístroj použitý za stejných podmínek;
- totéž místo;
- opakování v průběhu krátké časové periody

Opakovatelnost (obr.2.3) může být kvantitativně vyjádřena charakteristikami rozptylu výsledků.

V případě příliš velkého rozptylu je nutno provést rozbor příčin a jejich následné odstranění.

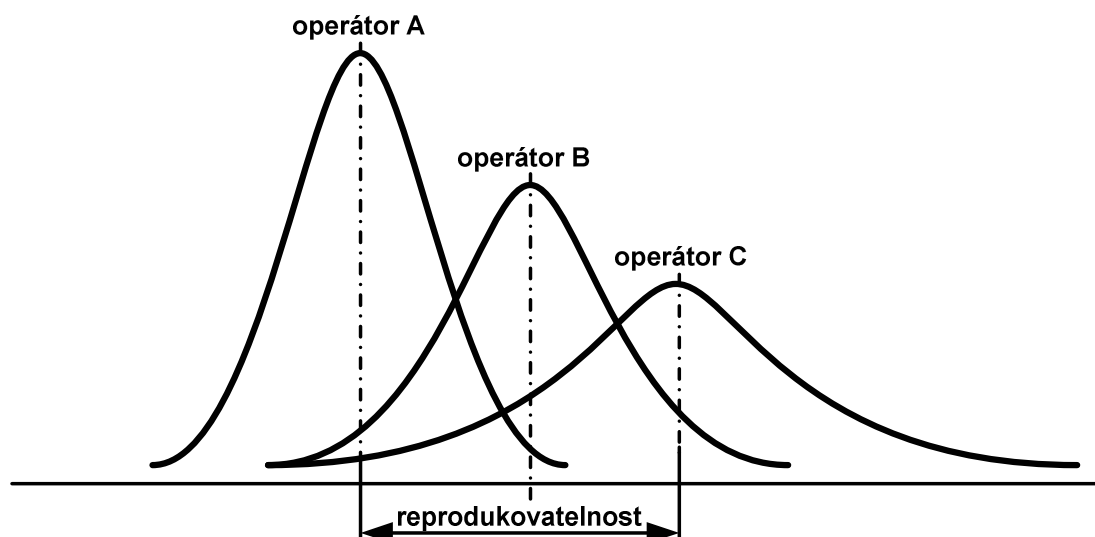


Obr. 2.3 Opakovatelnost (8)

Reprodukovatelnost

Je těsnost shody mezi výsledky měření téže měřené veličiny provedených za změněných podmínek měření (2). Mezi změněné podmínky měření lze zahrnout:

- princip měření;
- metodu měření;
- pozorovatele;
- měřicí přístroj;
- referenční etalon;
- místo;
- podmínky měření;
- čas.



Obr.2.4 Reprodukovatelnost systému měření (9)

Stálost (Stabilita)

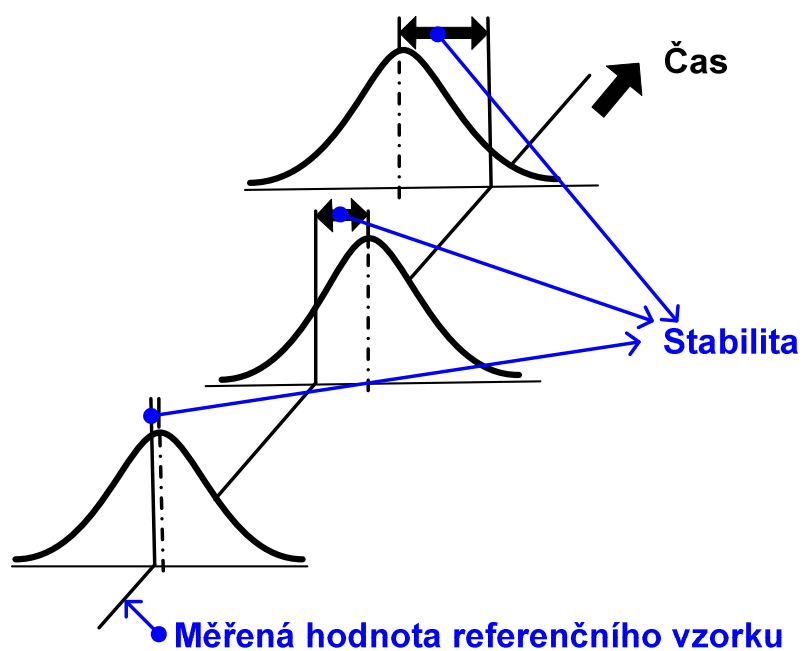
Je schopnost měřicího přístroje zachovávat svoje metrologické charakteristiky konstantní v závislosti na čase (Obr.2.5).

Uvažuje-li se stálost měřidla ve vztahu k jiné veličině než čas, musí to být explicitně vyjádřeno (2).

Stálost může být kvantifikována různými způsoby, např.:

- časem, v jehož rozsahu se metrologická charakteristika změní o uvedenou velikost;
- změnou charakteristiky během uvedeného času.

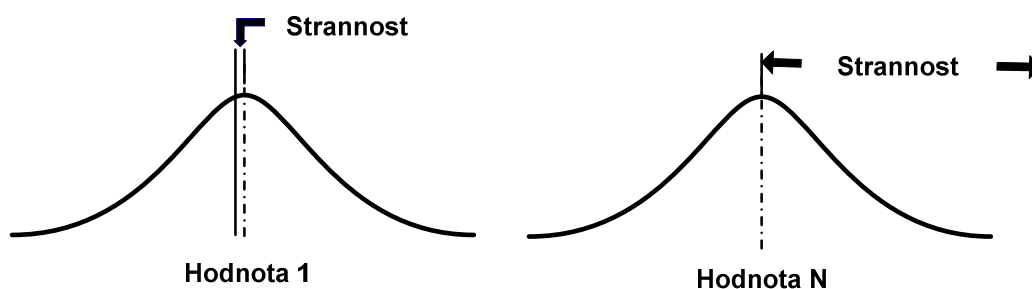
Stálost je možno chápat jako změnu strannosti v čase.



Obr.2.5 Stálost (8)

Linearita

Linearita se analyzuje na základě výběru hodnot v celém rozsahu měřidla. Zjišťuje se na základě porovnání hodnot průměrů výsledků měření jednotlivých kusů s konvečně pravou hodnotou (2). Linearitu lze považovat za změnu strannosti vzhledem k velikosti (obr.2.6).



Obr.2.6 Vyjádření linearity pomocí strannosti (8)

Nepřijatelná linearita může mít řadu podob a nepředpokládá se při ní konstantní strannost.

Nelinearita měřicího zařízení může mít několik potenciálních příčin, literatura (8) a (9) uvádí zejména:

- měřidlo není kalibrováno pro celý rozsah,
- opotřebený přístroj, zařízení nebo přípravek,
- opotřebený nebo poškozený etalon či vzorová součást,
- špatné měřidlo pro danou aplikaci,
- deformace měřidla nebo součásti,
- odlišná metoda měření,

V praxi se zjišťuje linearita pomocí kalibrace příslušného měřidla či měřicího zařízení.

Kalibrace

Kalibrace je soubor úkonů, které dávají za určených podmínek závislost mezi hodnotami indikovanými měřicím přístrojem a mezi hodnotami realizovanými referenčním etalonem (1).

Kalibrace se provádí u etalonů a pracovních měřidel. Může ji provádět akreditována zkušební laboratoř, není však podmínkou. Kalibraci si může provést i sám uživatelský subjekt, pokud vlastní referenční etalon s platným kalibračním listem a odpovídající prostory, zařízení a kvalifikované pracovníky.

Výsledek kalibrace může být zaznamenán v dokumentu, který bývá někdy nazýván kalibrační certifikát nebo protokol o kalibraci (2).

2.3 Hodnocení způsobilosti měřidel pomocí C_g, C_{gk}

V daném případě, kdy se jedná o jednoduchý kontrolní prostředek, jakým je třmenový mikrometr, je neopodstatněné používat postup pro vyhodnocování jakosti měřicího systému. Postačí vyhodnotit pouze způsobilost měřidla pomocí koeficientů C_g, C_{gk} .

Indexy způsobilosti C_g a C_{gk} se používají k rozhodnutí o tom, zda je měřicí zařízení způsobilé pro zamýšlený účel za skutečných provozních podmínek, na základě měření standardu/etalonu analyzovaného výrobku.

Hodnocení pomocí C_g a C_{gk} posuzuje měřidlo z hlediska strannosti a opakovatelnosti.

Principem této metodiky je opakované měření kontrolního etalonu/analyzované součásti, která představuje konvečně pravou hodnotu. Tato hodnota by měla být totožná s průměrnou hodnotou výsledků. Konvečně pravá hodnota analyzované součásti je stanovena měřicím zařízením vyšší úrovně než jsou měřidla používaná v provozu. Předpokládá se přitom, že náhodná veličina – výsledky měření se řídí zákonem normálního rozdělení.

Při aplikaci této metody je nutné dodržet následující podmínky (9):

- minimálně 30 opakování měření kontrolního etalonu,
- měření provádí jedna osoba,
- měření se realizuje jedním měřidlem,
- měření se realizuje jedním postupem,
- během měření jsou zajištěny stejné podmínky,
- měření probíhá v relativně krátkém časovém intervalu.

Opakovatelnost je dána vztahem (8):

$$C_g = \frac{0,2.T}{4.S_g} \quad (2.1)$$

kde tolerance $T = USL - LSL$

$USL; LSL$ – horní resp. dolní mezní rozměr

Směrodatná odchylka opakovatelnosti (8):

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2} \quad (2.2)$$

Strannost je pak dána vztahem (8):

$$C_{gk} = \frac{0,1.T - Bi}{2.S_g} \quad (2.3)$$

Kde systematická chyba (8):

$$Bi = |\bar{x}_g - x_m| \quad (2.4)$$

a průměrná naměřená hodnota (8):

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.5)$$

Poznámka:

$$\text{pro } C_{gk} = 1,33 \Rightarrow 3 \cdot s_g + |\bar{x}_g - x_m| = 0,1 \cdot T \quad (8) \quad (2.6)$$

Indexy C_g , C_{gk} určují, zda výsledek měření kontrolního etalonu leží s pravděpodobností 95,4% ve zvoleném pásmu tolerance měřidla. Šířka tolerance měřidla je stanovena na 20% šířky tolerance měřeného rozměru.

Hodnoty těchto indexů určují způsobilost měřidla pro daný účel, ke kterému má sloužit. Následující hodnoty jsou dle (9) mezní pro schválení nebo zamítnutí měřidla na základě velikosti tolerance měřeného rozměru.

$$T \leq 50\mu\text{m} \Rightarrow C_g, C_{gk} \geq 1$$

$$T \geq 50\mu\text{m} \Rightarrow C_g, C_{gk} \geq 1,33$$

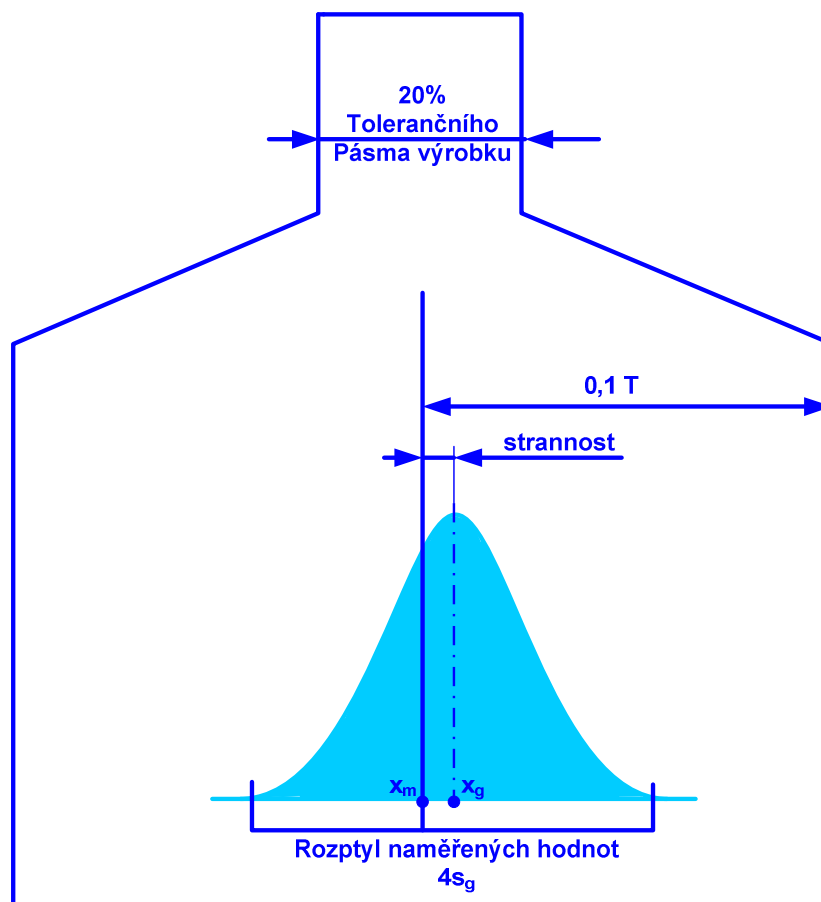
2.3.1 Použití rozpětí $4 \cdot s_g$

Dřívější směrnice pro výpočet indexů způsobilosti C_g nebo C_{gk} obvykle zakládaly tento výpočet na rozpětí měření $6 \cdot s_g$. V použité referenční příručce bylo toto rozpětí sníženo na $4 \cdot s_g$. (Obr.2.5)

Odůvodnění dle metodiky Palstat (8):

1. Zejména tam, kde rozlišení leží obvykle pod 5% tolerance, přiřazují se naměřené hodnoty třídám podle postupu měření. V tom případě není normální rozdělení vhodným modelem pro rozdělení naměřených hodnot.

2. Rozsáhlé studie praktických procesů prokázaly, že v měřicích procesech, v řízení průmyslových procesů i při kalibracích v laboratořích je pro opakovaná měření $2 \cdot s_g$ skutečné rozpětí měřicího zařízení. To platí, jestliže se předpokládá normální rozdělení. Pokud se hodnoty nacházejí mimo tuto oblast, musí se přisoudit vadnému měřicímu zařízení nebo tendencím (vlivům) nesprávně zahrnutým do měřicího systému.

Obr.2.5 Aplikace rozpětí $4s_g$ (8)

Legenda:

x_m - vzorová součást (referenční etalon)

$\bar{x}_g$ - aritmetický průměr naměřených hodnot vzorové součásti

2.4 Hodnocení C_g, C_{gk} digitálního mikrometru

1) Kontrolovaným jakostním znakem je stanoven průměr pod těsněním $24^{-0,05}_{-0,13}$, výkres vřetene 4HP 3506 – 222 v příloze 1.

2) Dle kalibračního listu 6849/2008 (příloha 2) byla na vzorové součásti naměřena etalonová hodnota $x_m = 23,91\text{mm}$

3) Digitální třmenový mikrometr, ev. číslo 0/1, výr.číslo 8149584 byl zkalibrován dle kalibračního listu č.5034/2008 (Příloha 3) a umístěn do držáku mikrometru.

4) Vzorová součást byla v krátkých intervalech 30x změřena, s tím, že před každým měřením byla z mikrometru vyjmuta a znovu vložena do stejné polohy.

5) Na základě naměřených parametrů byly vypočteny dále uvedené hodnoty.

Průměrná naměřená hodnota $\bar{x}_g$:

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{717,2859999mm}{30} = 23,9095mm$$

Směrodatná odchylka opakovatelnosti s_g :

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2} = \sqrt{\frac{0,0000934668mm^2}{29}} = 0,00179527mm$$

Systematická chyba Bi :

$$\begin{aligned} \text{Systematická chyba } Bi &= |\bar{x}_g - x_m| = |23,90953333mm - 23,91mm| = \\ &= 0,00046667mm \cong 0,47\mu m \end{aligned}$$

Pak součinitel strannosti C_{gk} :

$$C_{gk} = \frac{0,1T - Bi}{2 \cdot s_g} = \frac{0,1 \cdot 0,08mm - 0,00046667mm}{2 \cdot 0,00179527mm} = 2,09810502 \cong 2,098$$

a součinitel opakovatelnosti C_g :

$$C_g = \frac{0,2T}{4 \cdot s_g} = \frac{0,2 \cdot 0,08mm}{4 \cdot 0,00179527mm} = 2,22807711 \cong 2,228$$

Výpočet je doložen použitým software Palstat CAQ MSA (7) – test C_g, C_{gk} , viz protokol na obr.2.6

Evidenční číslo: **dig.mikrometr 0-25, ev.č.1**

Normál: 24

Název:

Tolerance: 0,08

Typ:

Rozměr:

Datum měření: 23.07.2008

Hodnocení:

MĚŘICÍ SYSTÉM VYHOVUJE

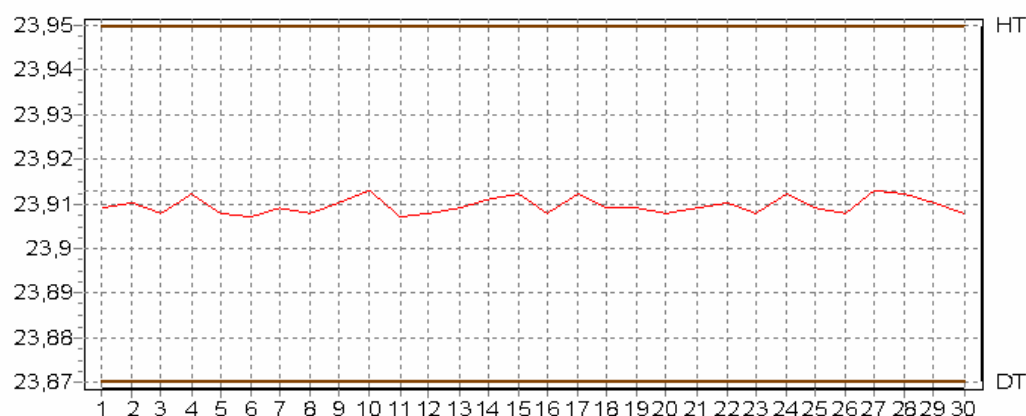
Operátor	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
10	23,909	23,91	23,908	23,912	23,908	23,907	23,909	23,908	23,91	23,913
20	23,907	23,908	23,909	23,911	23,912	23,908	23,912	23,909	23,909	23,908
30	23,909	23,91	23,908	23,912	23,909	23,908	23,913	23,912	23,91	23,908

Xa = 23,90953333

Sa = 0,00179527

Cg = 2,228

Cgk = 2,098

Obr.2.6 Hodnocení C_g, C_{gk} -digitální mikrometr

2.5 Hodnocení C_g, C_{gk} mechanického mikrometru

1) Kroky 1 a 2 jsou shodné s předchozím odstavcem

3) Mechanický třmenový mikrometr, ev. číslo 12, byl zkalibrován dle kalibračního listu č.5035/2008(Příloha 4) a umístěn do držáku mikrometru.

4) Krok 4 stejný jako v předchozím odstavci.

5) Na základě naměřených údajů byly vypočteny dále uvedené hodnoty.

Průměrná naměřená hodnota $\bar{x}_g$:

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{717,3999999mm}{30} = 23,9133mm$$

Směrodatná odchylka opakovatelnosti s_g :

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2} = \sqrt{\frac{0,000666666mm^2}{29}} = 0,00479463mm$$

Systematická chyba B_i :

$$B_i = |\bar{x}_g - x_m| = |23,91333333mm - 23,91mm| = \\ = 0,00333333mm \cong 3,30\mu m$$

Pak součinitel strannosti C_{gk} :

$$C_{gk} = \frac{0,1.T - B_i}{2.s_g} = \frac{0,1.0,08mm - 0,00333333mm}{2.0,00479463mm} = 0,48665591 \cong 0,487$$

a součinitel opakovatelnosti C_g :

$$C_g = \frac{0,2.T}{4.s_g} = \frac{0,2.0,08mm}{4.0,00479463mm} = 0,83426667 \cong 0,834$$

Výpočet je doložen použitým software Palstat CAQ MSA (7) – test C_g, C_{gk} , viz .protokol na obr.2.7

Evidenční číslo: **mikrometr 0-25, e.č. 12**

Normál: 24

Název:

Tolerance: 0,08

Typ:

Rozměr:

Datum měření:

Hodnocení:

MĚŘICÍ SYSTÉM NEVYHOVUJE

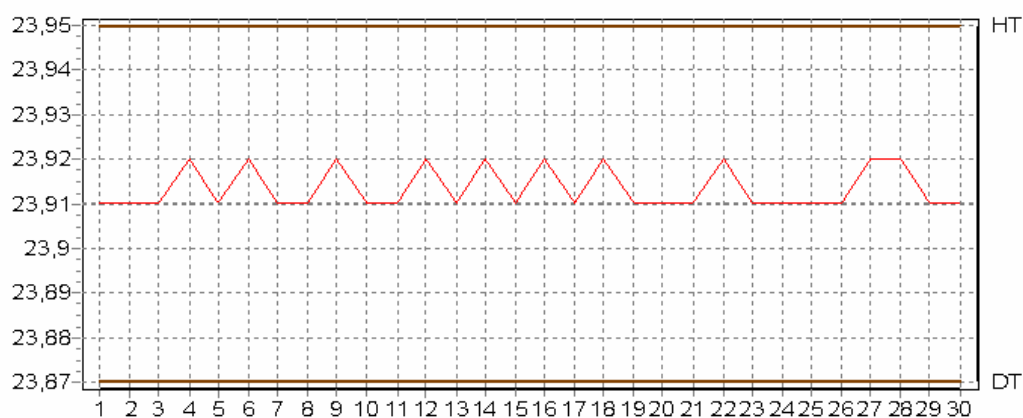
Operátor	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
10	23,91	23,91	23,91	23,92	23,91	23,92	23,91	23,91	23,92	23,91
20	23,91	23,92	23,91	23,92	23,91	23,92	23,91	23,92	23,91	23,91
30	23,91	23,92	23,91	23,91	23,91	23,91	23,92	23,92	23,91	23,91

Xa = 23,91333333

Sa = 0,00479463

Cg = 0,834

Cgk = 0,487

Obr.2.7 Hodnocení C_g, C_{gk} -mechanický mikrometr

2.6 Vyhodnocení obou testovaných měřidel

Digitální třmenový mikrometr ev.č.0/1 je s indexem opakovatelnosti $C_g = 2,228 > 1,33$ a indexem strannosti $C_{gk} = 2,098 > 1,33$ vyhodnocen jako **měřidlo vyhovující** pro měření vybraného rozměru.

Mechanický třmenový mikrometr ev.č.12 je s $C_g = 0,834 < 1,33$ a $C_{gk} = 0,487 < 1,33$ vyhodnocen jako **měřidlo nevyhovující** pro měření vybraného rozměru.

Z hlediska VDA 5 je míra rozlišení pro digitální mikrometr:

$$\frac{Mr}{T} \cdot 100 = \frac{0,001mm}{0,08mm} \cdot 100 = 1,25\% < 5\% \Rightarrow \text{rozlišení vhodné}$$

pro mechanický mikrometr pak platí:

$$\frac{Mr}{T} \cdot 100 = \frac{0,01mm}{0,08mm} \cdot 100 = 12,5\% > 5\% \Rightarrow \text{rozlišení nevhodné}$$

Jestli-že se položí $C_{gk} \geq 1,33$, je možno vypočítat nejmenší přípustnou velikost tolerance, pro kterou je ještě měřidlo způsobilé (9):

$$T \geq \frac{4 \cdot S_g + Bi}{0,1} = 40 \cdot S_g + 10 \cdot Bi \quad (2.7)$$

$$T \geq 40 \cdot 0,00479463mm + 10 \cdot 0,0033mm = 0,2251185mm \cong 0,225mm$$

Třmenový mikrometr s dělením 0,01mm by byl dle použitých kritérií použitelný pro měření rozměrů s tolerancemi o velikostech 0,2mm a vyššími.

2.7 Mezilhůtová kontrola

Jedním z častých témat dotazů jak auditorů odběratelských firem, tak i auditorů systémových je otázka kontroly přesnosti měřidla mezi dvěma kalibračními intervaly.

V JMA Hodonín je lhůta kalibrace jednotlivých druhů měřidla stanovena vnitropodnikovým předpisem QTOP P 350 -1 (10). Lhůty v něm uvedené jsou stanoveny na základě dlouhodobých praktických zkušeností a rovněž dle četnosti používání i stupně opotřebení konkrétního měřidla.

Pro třmenový mikrometr je lhůta kalibrace předepsána na 7měsíců. Pro stanovení chyby měření uvedeného měřidla bylo použito doporučení ČSN ISO 3611 (3). Pro měřicí rozsah 0-25mm je hodnota chyby měření $F_{max} = \pm 4\mu m$.

Již jmenovaná ČSN ISO 3611 doporučuje provádět kontrolu chyby měření třmenového mikrometru pomocí řady sestavených koncových měrek.

Rozměry těchto měrek mají být zvoleny tak, aby se neměřilo pouze po celých otáčkách mikrometrického šroubu, ale také v mezilehlých polohách.

Třmenový digitální mikrometr použitý pro měření v aktuální studii byl kontrolován měřením na řadě měrek: 5,00mm-10,15mm-12,30mm-15,40mm-20,50mm-25,00mm

Tab.2.3 Mezilhůtová kontrola

Měsíc	Měrka (mm)	Fmax+ (mm)	Fmax- (mm)	Naměřeno (mm)	Hodnocení
srpen	5,000	5,004	4,996	4,999	Vyhovuje
	10,150	10,154	10,146	10,151	Vyhovuje
	12,300	12,304	12,296	12,302	Vyhovuje
	15,400	15,404	15,396	15,398	Vyhovuje
	20,500	20,504	20,496	20,501	Vyhovuje
	25,000	25,004	24,996	24,999	Vyhovuje
září	5,000	5,004	4,996	5,001	Vyhovuje
	10,150	10,154	10,146	10,151	Vyhovuje
	12,300	12,304	12,296	12,303	Vyhovuje
	15,400	15,404	15,396	15,399	Vyhovuje
	20,500	20,504	20,496	20,499	Vyhovuje
	25,000	25,004	24,996	24,998	Vyhovuje
říjen	5,000	5,004	4,996	5,003	Vyhovuje
	10,150	10,154	10,146	10,153	Vyhovuje
	12,300	12,304	12,296	12,303	Vyhovuje
	15,400	15,404	15,396	15,404	Vyhovuje
	20,500	20,504	20,496	20,502	Vyhovuje
	25,000	25,004	24,996	25,001	Vyhovuje
listopad	5,000	5,004	4,996	5,004	Vyhovuje
	10,150	10,154	10,146	10,151	Vyhovuje
	12,300	12,304	12,296	12,302	Vyhovuje
	15,400	15,404	15,396	15,398	Vyhovuje
	20,500	20,504	20,496	20,501	Vyhovuje
	25,000	25,004	24,996	24,999	Vyhovuje
prosinec	5,000	5,004	4,996	5,001	Vyhovuje
	10,150	10,154	10,146	10,153	Vyhovuje
	12,300	12,304	12,296	12,301	Vyhovuje
	15,400	15,404	15,396	15,402	Vyhovuje
	20,500	20,504	20,496	20,504	Vyhovuje
	25,000	25,004	24,996	25,002	Vyhovuje
leden	5,000	5,004	4,996	5,002	Vyhovuje
	10,150	10,154	10,146	10,154	Vyhovuje
	12,300	12,304	12,296	12,300	Vyhovuje
	15,400	15,404	15,396	15,401	Vyhovuje
	20,500	20,504	20,496	20,504	Vyhovuje
	25,000	25,004	24,996	25,000	Vyhovuje
únor	5,000	5,004	4,996	5,002	Vyhovuje
	10,150	10,154	10,146	10,151	Vyhovuje
	12,300	12,304	12,296	12,300	Vyhovuje
	15,400	15,404	15,396	15,401	Vyhovuje
	20,500	20,504	20,496	20,503	Vyhovuje
	25,000	25,004	24,996	25,003	Vyhovuje

Mikrometr byl po celou dobu testování zařazen do běžného provozu na pracovišti SP 12 CNC.

Kontrola byla prováděna v období srpen 2008 až únor 2009, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab.2.3.

Při žádné z kontrol chyby měření mikrometru nedošlo k překročení předepsaných hodnot. Na základě zjištěných dat by bylo možno uvažovat s prodloužením kalibračního intervalu u tohoto typu měřidla na 1 rok.

3 NÁVRH STATISTICKÉHO ŘÍZENÍ A REGULACE VÝROBNÍHO PROCESU

3.1 Způsobilost strojů a procesů

Společným znakem těchto metod je podání důkazu o tom, že zařízení samotné – stroj, resp.celý proces může probíhat za staticky zvládnutých podmínek, příp. může dát podnět, jak je třeba postupovat, když není důkaz možný. Základem je přitom odhad funkce ztráty pro odchylky od zadané cílové hodnoty. Podmínkou pro vytvoření statisticky zvládnutých podmínek je co možná nejvíce eliminovat systematické rozptylové vlivy.

3.1.1 Rozptylové vlivy ovlivňující výrobní proces

Náhodné rozptylové vlivy (9) se chovají jako stabilní systém náhodných příčin.Jestli-že jsou přítomny pouze tyto příčiny a nemění se, je výstup procesu předvídatelný a proces je „ve stavu statistické regulace“. Mezi náhodné vlivy patří zejména:

- způsobnost nebo vliv obsluhy,
- kolísání teploty,
- nastavení parametrů stroje,
- vliv technologie,
- změny materiálu
- vliv zařízení i měřidel atd.

Systematické rozptylové vlivy (9) se nevyskytují na rozdíl od náhodných vlivů průběhu procesu stále ale pouze nepravidelně. Většinou mohou být identifikovány a odstraněny. Pokud k jejich odstranění nedojde, mohou ovlivnit výstup procesu nepředvídatelným způsobem a proces vykazuje nestabilitu v čase.

Zdrojem těchto vlivů může být například:

- nesprávně seřízený stroj,
- nesprávně seřízený nástroj,
- chyby obsluhy,
- změna chladicího prostředí,
- záměna materiálu,
- poškozený nástroj, atd.

3.2 Stanovení způsobilosti stroje

Zjišťování způsobilosti výrobních strojů (dále jen strojů) se provádí pomocí krátkodobých zkoušek, které mají za cíl podchytit pouze takové vlivy působící na výrobní proces, které jsou způsobeny výrobním strojem.

Účelem kontroly způsobilosti stroje je ověření jeho výrobní přesnosti pomocí součinitele způsobilosti stroje C_m a součinitele využití způsobilosti stroje C_{mk} .

Při této kontrole se neuvažuje s vlivy, které nesouvisejí přímo se strojem, např. opotřebování nástroje při obrábění nebo s vlivy prostředí. Pro kontrolu je charakteristický jednorázový výběr o větším rozsahu za konstantních podmínek. Cílem je rozhodnout o tom, zda je stroj vhodný pro danou výrobní operaci z hlediska dodržení požadované výrobní tolerance. V případě, že stroj není způsobilý tuto operaci provádět, navrhnou se nápravná opatření k odstranění příčin nezpůsobilosti. Účinnost přijatých opatření se ověří novou kontrolou způsobilosti stroje.

Součinitel způsobilosti stroje C_m porovnává šířku výrobní tolerance obrobku s proměnlivostí naměřených hodnot, vyjádřených šestinásobkem směrodatné odchylky stroje s_m . Je měřítkem toho, zda je vyhodnocovaný stroj schopen dodržet předepsanou výrobní toleranci za předpokladu, že je seřízen na jmenovitý rozměr.

Součinitel využití způsobilosti stroje C_{mk} charakterizuje skutečnou polohu naměřených hodnot, resp. jejich výběrového průměru v tolerančním poli obrobku a je měřítkem správného seřízení stroje.

Standardním požadavkem způsobilosti stroje je aby součinitele způsobilosti $C_m, C_{mk} \geq 1,67$ (6).

Z výrobního procesu bylo odebráno 50 kusů po sobě následujících vyrobených součástí (6). Díly byly očíslovány a kontrolovány v pořadí, ve kterém byly vyrobeny. K měření byl použit stejný digitální třmenový mikrometr o rozsahu 0 – 25mm.

Průměrná naměřená hodnota $\bar{x}_m$:

$$\bar{x}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1195,365mm}{50} = 23,9073mm$$

Rozpětí naměřených hodnot R (8):

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (3.1)$$

$$R = 23,920mm - 23,891mm = 0,029mm$$

kde $x_{\max}$; $x_{\min}$ - maximální, resp. minimální naměřená hodnota

Směrodatná odchylka S_m :

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_m)^2} = \sqrt{\frac{0,002579827264mm^2}{29}} = 0,007256mm$$

Součinitel způsobilosti stroje C_m (8):

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6 \cdot S_m} \geq 1,67 \quad (3.2)$$

$$C_m = \frac{23,950mm - 23,870mm}{6 \cdot 0,007256mm} = 1,837560 \geq 1,67$$

kde **USL**, **LSL** znamená horní resp. dolní mezní rozměr

horní ukazatel využití stroje C_{mku} (8):

$$C_{mku} = \frac{USL - \bar{X}_m}{3 \cdot S_m} \quad (3.3)$$

$$C_{mku} = \frac{23,950mm - 23,9073mm}{3 \cdot 0,007256mm} = 1,961595$$

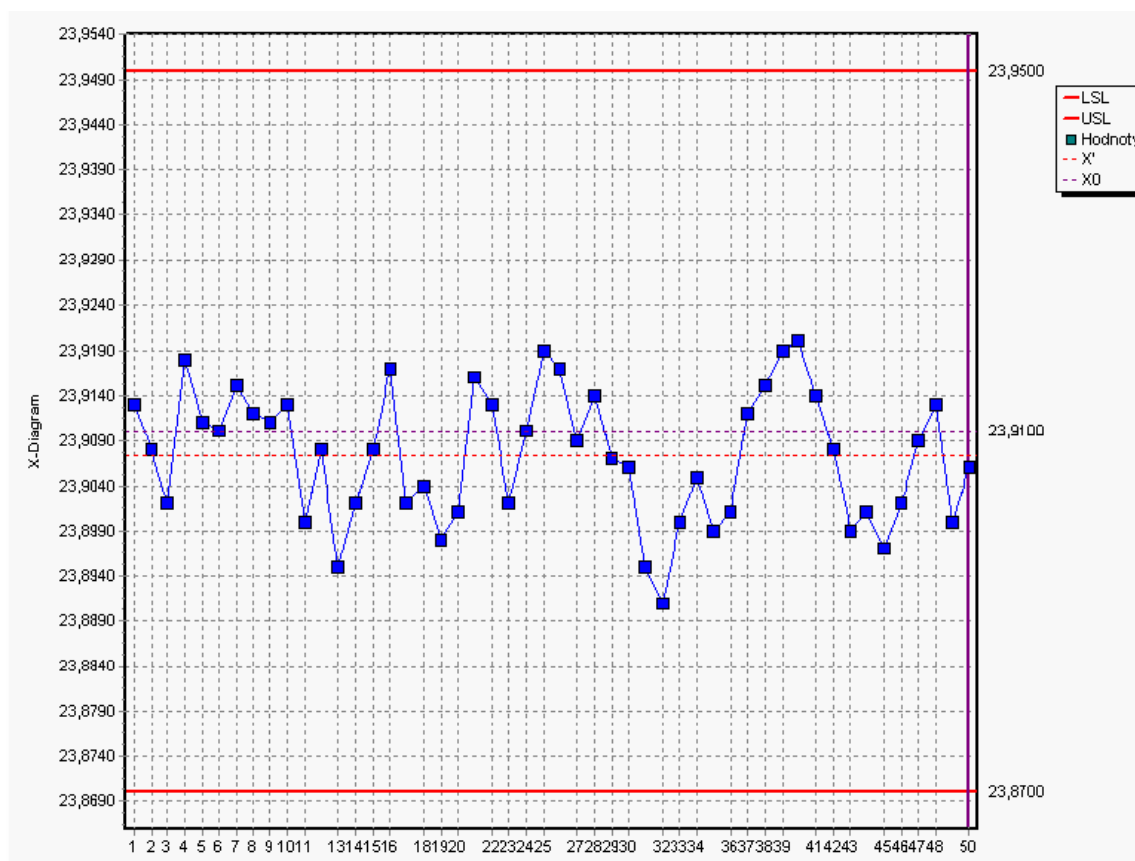
dolní ukazatel využití stroje C_{mkl} (8):

$$C_{mkl} = \frac{LSL - \bar{X}_m}{3 \cdot S_m} \quad (3.4)$$

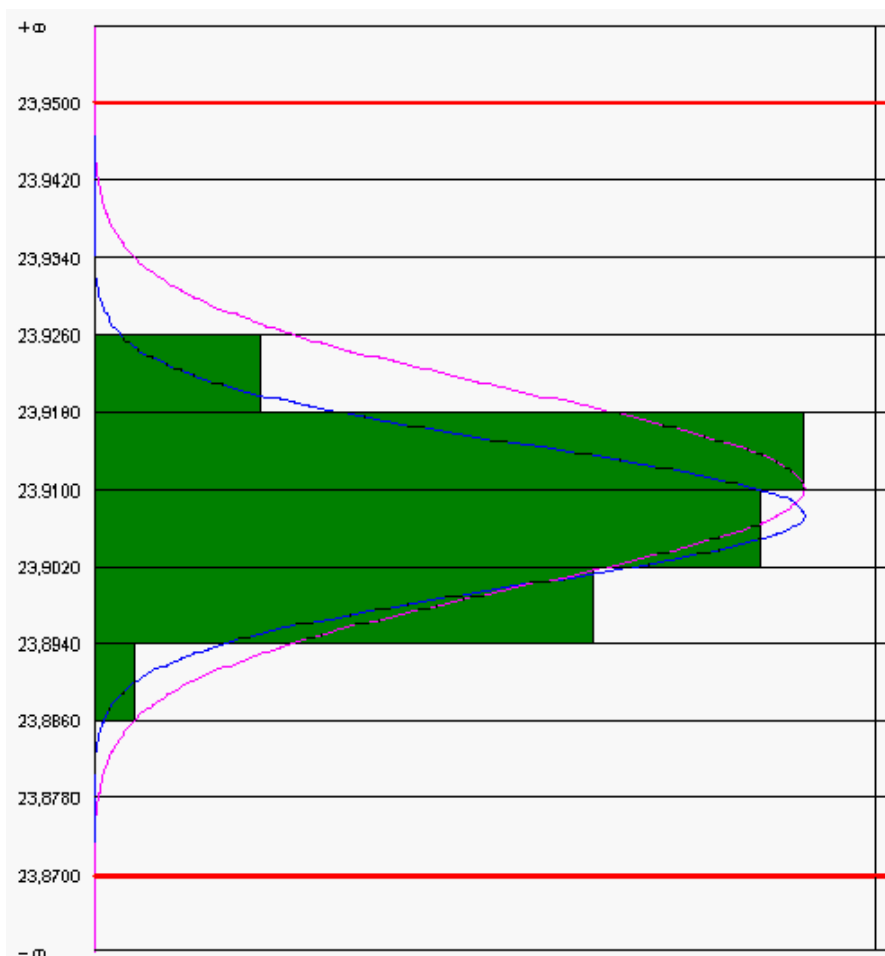
$$C_{mkl} = \frac{23,9073mm - 23,870mm}{3 \cdot 0,007256mm} = 1,713524$$

Součinitel využití způsobilosti stroje C_{mk} je menší z hodnot C_{mku} a C_{mkl} . V tomto případě je $C_{mk} = 1,71$, který splňuje limitní požadavek $C_{mk} \geq 1,67$ a výrobní zařízení je tedy aktuálně schopno vyrábět ověřovanou součást v předepsaných tolerancích.

Výpočet je doložen softwarem Palstat CAQ SPC a dokumentován diagramem (obr.3.1), histogramem (obr.3.2), testem normálního rozdělení (obr.3.3) a tabulkou neměřených hodnot (Tab.3.1).



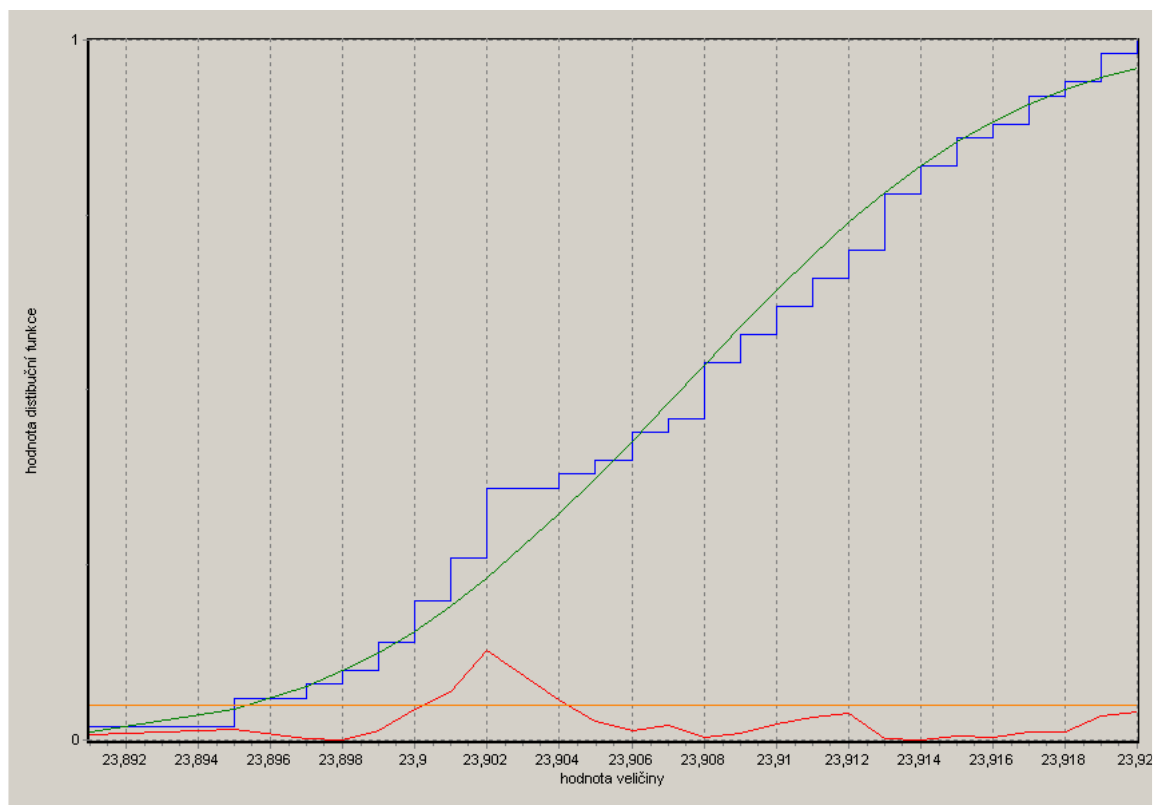
Obr.3.1 Způsobnost stroje – diagram naměřených hodnot



Obr.3.2 Způsobilost stroje-histogram

Legenda : — ideální poloha normálního rozdělení
 — skutečná poloha normálního rozdělení
 — rozměrové třídy
 — tolerance

Vzhledem ke splnění nutné podmínky normálního rozdělení byl v praxi zjištěn problém spočívající malém počtu rozměrových tříd. Kontrolovaná tolerance 0,08mm je poměrně úzká a i když je digitální mikrometr pro její kontrolu vyhovující, pro statisticky kvalitní zpracování normálního rozdělení by bylo zapotřebí použití měřicího přístroje s rozlišením v řádu 0,0001mm a měření provádět v laboratorních podmínkách. V konkrétních dílenských podmínkách pracoviště SP 12 CNC však tomuto požadavku nelze vyhovět jak z hlediska prostředí, tak z hlediska technického vybavení. Pro další postup práce proto bylo nutné přijmout předpoklad, že naměřené hodnoty použité k vyhodnocení způsobilosti stroje přibližně vyhovují normálnímu rozdělení (obr.3.3). Stejný předpoklad platí i pro vyhodnocení způsobilosti procesu.



Obr. 3.3 Způsobilost stroje – test normálního rozdělení

Legenda: — distribuční funkce normálního rozdělení
— distribuční funkce naměřených dat
— rozdíl
— hladina významnosti 5%

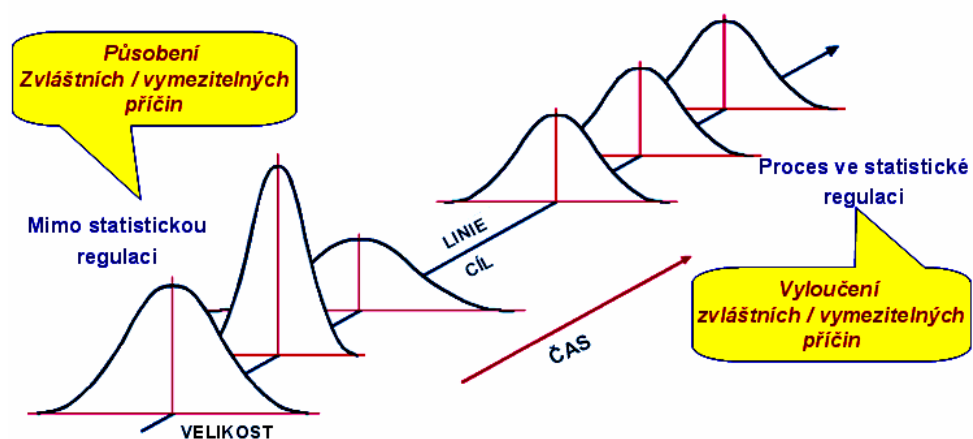
Tab.3.1 Způsobilost stroje -naměřené hodnoty

Pořadí	Datum, čas	x(mm)	R(mm)	Pořadí	Datum, čas	x(mm)	R(mm)
1	01.08.2008	23,913	0,000	26	01.08.2008	23,917	0,002
2	01.08.2008	23,908	0,005	27	01.08.2008	23,909	0,008
3	01.08.2008	23,902	0,006	28	01.08.2008	23,914	0,005
4	01.08.2008	23,918	0,016	29	01.08.2008	23,907	0,007
5	01.08.2008	23,911	0,007	30	01.08.2008	23,906	0,001
6	01.08.2008	23,910	0,001	31	01.08.2008	23,895	0,011
7	01.08.2008	23,915	0,005	32	01.08.2008	23,891	0,004
8	01.08.2008	23,912	0,003	33	01.08.2008	23,900	0,009
9	01.08.2008	23,911	0,001	34	01.08.2008	23,905	0,005
10	01.08.2008	23,913	0,002	35	01.08.2008	23,899	0,006
11	01.08.2008	23,900	0,013	36	01.08.2008	23,901	0,002
12	01.08.2008	23,908	0,008	37	01.08.2008	23,912	0,011
13	01.08.2008	23,895	0,013	38	01.08.2008	23,915	0,003
14	01.08.2008	23,902	0,007	39	01.08.2008	23,919	0,004
15	01.08.2008	23,908	0,006	40	01.08.2008	23,920	0,001
16	01.08.2008	23,917	0,009	41	01.08.2008	23,914	0,006
17	01.08.2008	23,902	0,015	42	01.08.2008	23,908	0,006
18	01.08.2008	23,904	0,002	43	01.08.2008	23,899	0,009
19	01.08.2008	23,898	0,006	44	01.08.2008	23,901	0,002
20	01.08.2008	23,901	0,003	45	01.08.2008	23,897	0,004
21	01.08.2008	23,916	0,015	46	01.08.2008	23,902	0,005
22	01.08.2008	23,913	0,003	47	01.08.2008	23,909	0,007
23	01.08.2008	23,902	0,011	48	01.08.2008	23,913	0,004
24	01.08.2008	23,910	0,008	49	01.08.2008	23,900	0,013
25	01.08.2008	23,919	0,009	50	01.08.2008	23,906	0,006

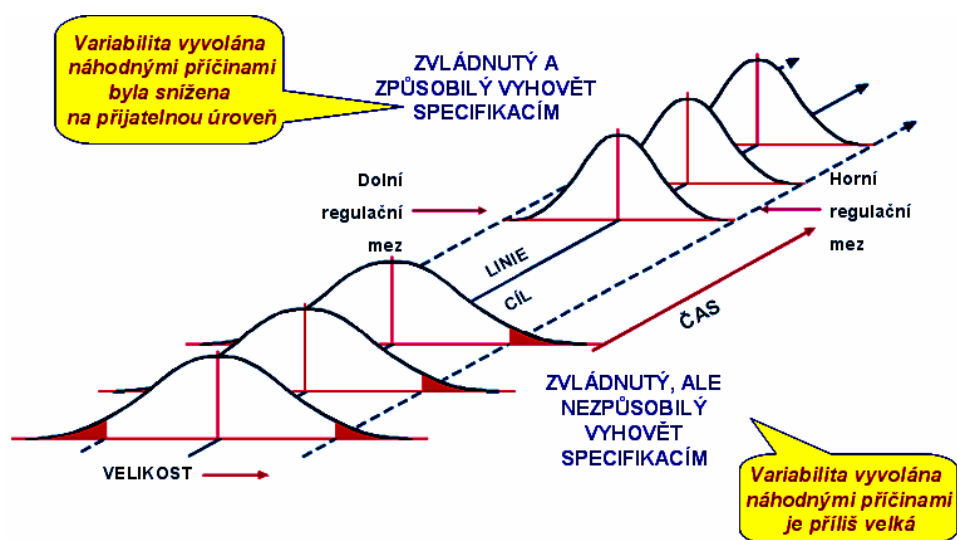
3.3 Stanovení způsobilosti procesu

Zjišťování způsobilosti výrobních procesů (dále jen procesů) odpovídá kvalitativním požadavkům, které jsou na ně kladeny. Má za úkol poskytnout důkazy, že posuzovaný proces plní předem stanovené požadavky na jakost výrobku. Při stanovení způsobilosti procesu se uvažují vlivy výrobní metody, strojů a zařízení, měřicího zařízení, obsluhy a okolního prostředí (6).

Grafické srovnání způsobilého a nezpůsobilého procesu je provedeno na obr.3.4 a obr.3.5.



Obr.3.4 Nezpůsobilý proces (8)



Obr.3.5 Způsobilý proces (8)

3.3.1 Způsobilost procesu a jeho znaky

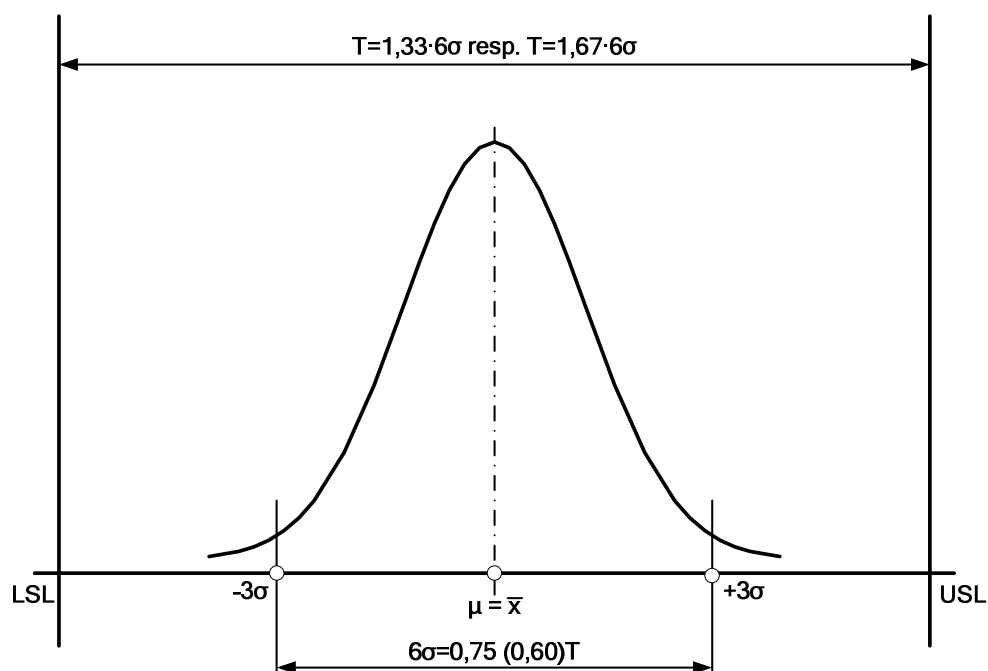
Působí-li na výrobní proces pouze náhodné vlivy, je charakterizován dvěma parametry normálního rozdělení μ a σ . Parametr μ vyjadřuje aritmetický průměr a představuje např. u obrábění rozměr, na který je výrobní zařízení seřízeno. Hodnota μ se odhaduje pomocí aritmetického průměru $\bar{x}$ měřených hodnot výběru.

Parametr σ je směrodatná odchylka, která vyjadřuje rozptýlení hodnot kontrolovaného parametru vzhledem ke střední hodnotě a je charakteristikou přesnosti výrobního procesu. Hodnota σ se zpravidla odhaduje pomocí výběrové směrodatné odchylky procesu s .

Parametr σ je významný zejména v následujících charakteristikách:

- a) *Relativní variační rozpětí* $f_p \leq 75\%$ (60%) tolerance výrobku
- b) *Charakteristika přesnosti* $C_p \geq 1,33$ (1,67)
- c) *Charakteristika správnosti nastavení* $C_{pk} \geq 1,33$ (1,67)

Vztah mezi tolerancí a rozptylem je znázorněn na obr.3.6



Obr.3.6 Vyjádření vztahu mezi rozptylem a velikostí tolerance (9)

Vztah mezi σ a T (9):

$$6\sigma = 0,75T \Rightarrow \frac{T}{6\sigma} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \quad (3.5)$$

$$6\sigma = 0,60T \Rightarrow \frac{T}{6\sigma} = \frac{1}{0,6} = 1,67 \quad (3.6)$$

$$6\sigma = T \Rightarrow \frac{T}{6\sigma} = 1 \quad (3.7)$$

Pro výpočet výše uvedených charakteristik bylo z výrobního procesu odebráno 120ks vzorků ve 30-ti minutových intervalech. Rozsah výběru $n=5$ a velikost výběru $m=24$. Naměřené a vypočtené hodnoty jsou doloženy v dále uvedeném regulačním diagramu (obr.3.13). Histogram je na obr.3.6 a poloha normálního rozdělení vzhledem k toleranci kontrolovaného rozměru je na obr.3.7. Test normálního rozdělení viz obr.3.8. Poloha normálního rozdělení vzhledem k tolerančnímu poli viz obr.3.9.

Aritmetický průměr z naměřených hodnot procesu $\bar{x}$:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{(23,911mm + 23,913mm + \dots + 23,915mm)}{120} = 23,9092mm$$

Rozpětí procesu R :

$$R = x_{\max} - x_{\min} = 23,924mm - 23,885mm = 0,039mm$$

Kde: $x_{\max}$; $x_{\min}$ - maximální, resp. minimální naměřená hodnota

Výběrová směrodatná odchylka procesu s :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{0,0064637111mm^2}{119}} = 0,00737mm$$

Relativní variační rozpětí f_p (9):

$$f_p = \frac{6\sigma}{T} \cdot 100\% \quad (3.8)$$

$$f_p = \frac{6.0,00737mm}{0,08mm} = 55,275\% \cong 55,3\% < 60\%$$

kde **T**-výrobní tolerance výrobku;

$$T = USL - LSL = 23,95mm - 23,87mm = 0,08mm$$

kde **USL, LSL**-horní, resp. dolní mezní rozměr.

Součinitel přesnosti C_p – zohledňuje pouze rozptyl výrobního procesu a velikost výrobní tolerance (6), (8), (9):

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \sigma} = \frac{USL - LSL}{6 \cdot s} \geq 1,33 \quad (3.9)$$

$$C_p = \frac{0,08mm}{6 \cdot 0,00737mm} = 1,8091 \cong 1,81 > 1,33$$

Tím, že šířka pásma výrobního procesu ($\pm 3\sigma$) využívá výrobní toleranci asi z 55%, je zabezpečeno, že mezní rozměry obrobku nebudou překročeny.

Součinitel správnosti nastavení C_{pk} – určuje polohu střední hodnoty vzhledem ke středu tolerančního pole. Kromě kolísání výrobního procesu je brána v úvahu i poloha průměrné hodnoty rozdělení četnosti vzhledem ke specifikovaným mezím. Hodnota C_{pk} je definována jako minimum C_{pku} (8) a C_{pkl} (8), přičemž výsledné $C_{pk} \geq 1,33$ (1,67).

Horní ukazatel správnosti nastavení procesu (8):

$$C_{pku} = \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot \sigma} = \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot s} \quad (3.10)$$

$$C_{pku} = \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{23,95mm - 23,9092mm}{3 \cdot 0,00737mm} = 1,8453 \cong 1,84$$

Dolní ukazatel správnosti nastavení procesu (8):

$$C_{pkl} = \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot \sigma} = \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot s} \quad (3.11)$$

$$C_{pkl} = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} = \frac{23,9092mm - 23,87mm}{3 \cdot 0,00737mm} = 1,7729 \approx 1,77$$

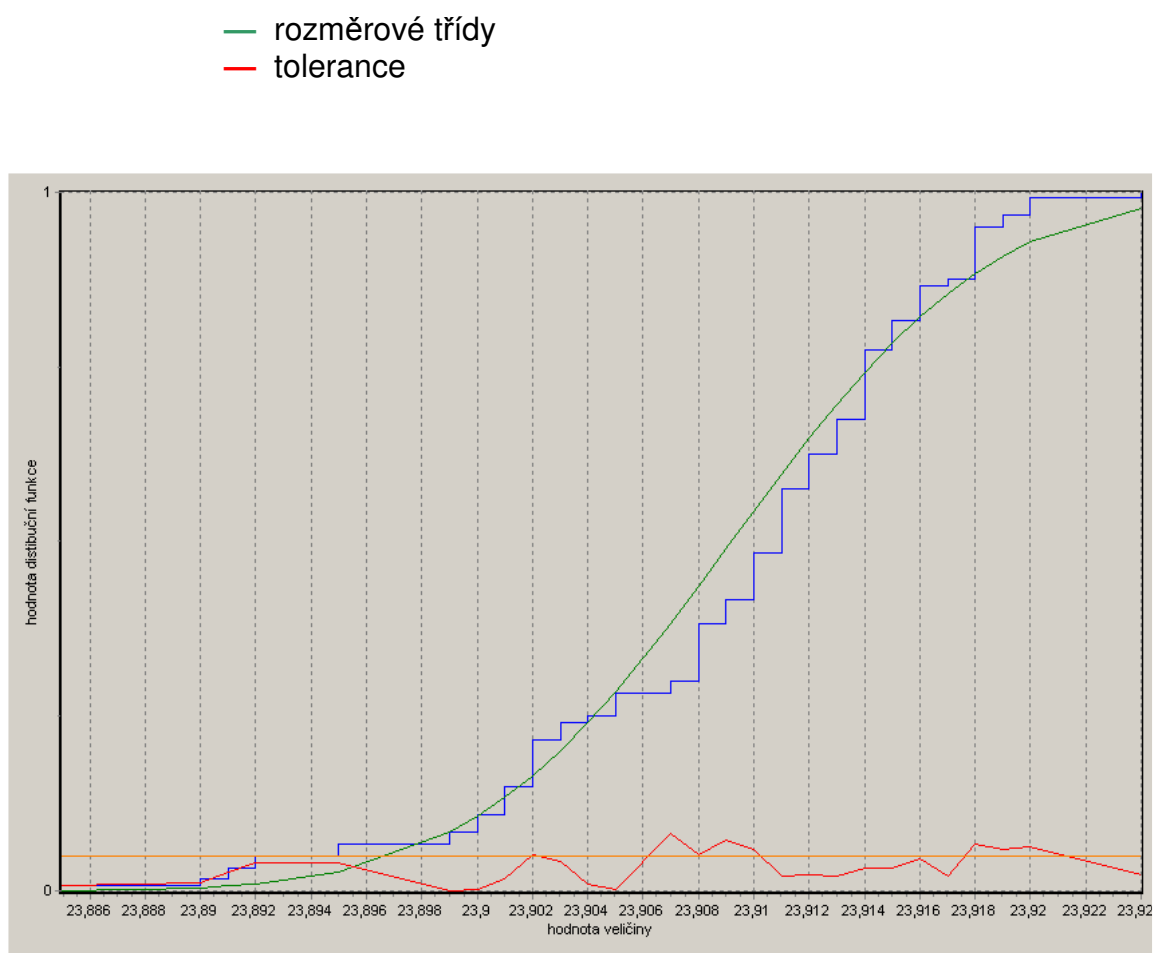
kde **USL, LSL**- horní, resp. dolní mezní rozměr

Z výše uvedených výpočtů plyne, že v tomto případě je $C_{pk} = 1,77$.



Obr.3.7 Způsobnost procesu – histogram

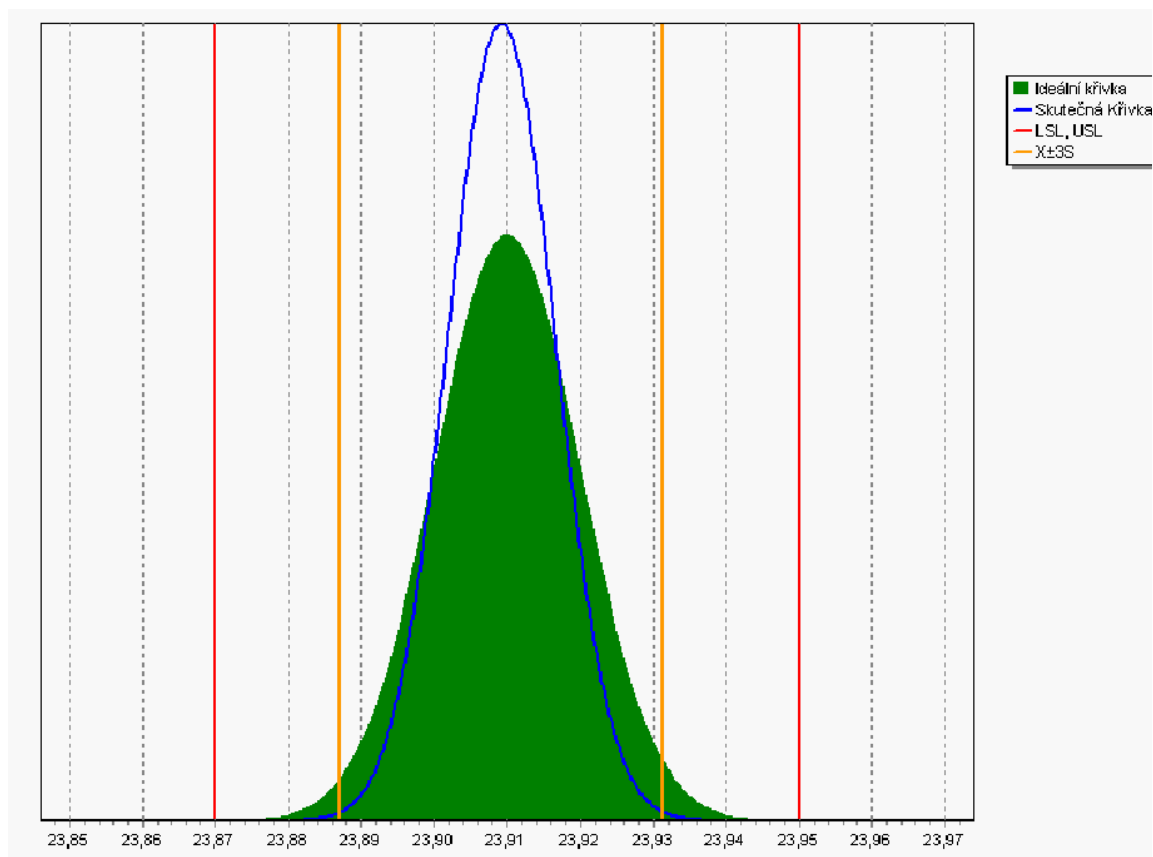
Legenda : — ideální poloha normálního rozdělení
— skutečná poloha normálního rozdělení



Obr. 3.8 Způsobnost procesu – test normálního rozdělení

Legenda: — distribuční funkce normálního rozdělení
 — distribuční funkce naměřených dat
 — rozdíl
 — hladina významnosti 5%

Stejně jako v případě v případě testu normality u způsobnosti stroje jsou v praxi zjištěné rozměrové třídy příliš hrubé pro optimální pokrytí normálního rozdělení. Protože však v dílenském provozu nejsou podmínky pro jemnější rozlišení dat, je nutno pro další postup výpočtu přijmout tvrzení, že naměřené hodnoty přibližně odpovídají normálnímu rozdělení.



Obr.3.9 Způsobnost procesu - poloha normálního rozdělení vzhledem k tolerančnímu poli

Z obrázku je patrné, že skutečný proces (modrá křivka, $C_p=1,81$) vyčerpává z tolerance (červené rysky) o něco vypočtených 55% oproti předpokládaným 75% (zelená křivka, $C_p=1,33$). Oranžovými ryskami je vyznačeno rozptýlení v rozsahu šesti směrodatných odchylek.

Součinitel správnosti nastavení C_{pk} má význam posunutí modré křivky vzhledem ke středu tolerančního pole.

Jako vodítko pro posuzování způsobilosti výrobního procesu posloužily požadavky fy Ford na dokumentování systému jakosti, tzn. zhodnocení výrobního procesu pomocí C_p a C_{pk} ve výši 1,33 s tím, že výrobce bude usilovat o další zdokonalení procesu tak, aby zvýšil jeho přesnost.

V tabulce 3.1 jsou uvedeny dispozice pro rozhodování o procesu, kde se používá SPC systém-příručka FORD Q101.

Tab. 3.1 Průběžné sledování výrobku (9)

Poslední bod regulačního diagramu ukazuje, že:	OPATŘENÍ NA VÝSTUPU Z PROCESU		
	Předchozí hodnota schopnosti Cpk		
	1/ méně než 1,0	1,0 až 1,33	více než 1,67
	2/méně než 1,33	1,33 až 1,67	více než 1,67
Výrobní proces je regulovaný(je zvládnutý).	100%-ní kontrola	Přijatelný výrobek - pokračovat v činnostech ke snižování kolísavosti procesu.	
Proces vybočil z mezí regulací nepříznivým směrem. Všechny jednotlivé kusy výběru jsou však uvnitř tolerančních mezí.	ZJISTIT A ODSTRANIT SPECIÁLNÍ PŘÍČINU		
	100%-ní kontrola	100%-ně překontrolovat od posledního regulačního bodu	Přijatelný výrobek. Pokračovat na snižování kolísavosti procesu.
Proces je mimo regulaci (je nezvládnutý). Jedna nebo více jednotek z výběru je mimo toleranční meze.	ZJISTIT A ODSTRANIT SPECIÁLNÍ PŘÍČINU		
	100%-ní kontrola	100%-ní kontrola výrobku od posledního výběru, který byl ještě vyroben zvládnutým procesem.	

Pozn. : 1/ - platí pro součásti zpracované nářadím a vybavením před 1.1.1990
2/ - platí po 1.1.1990

3.4 Zavádění metodiky SPC do výrobního procesu

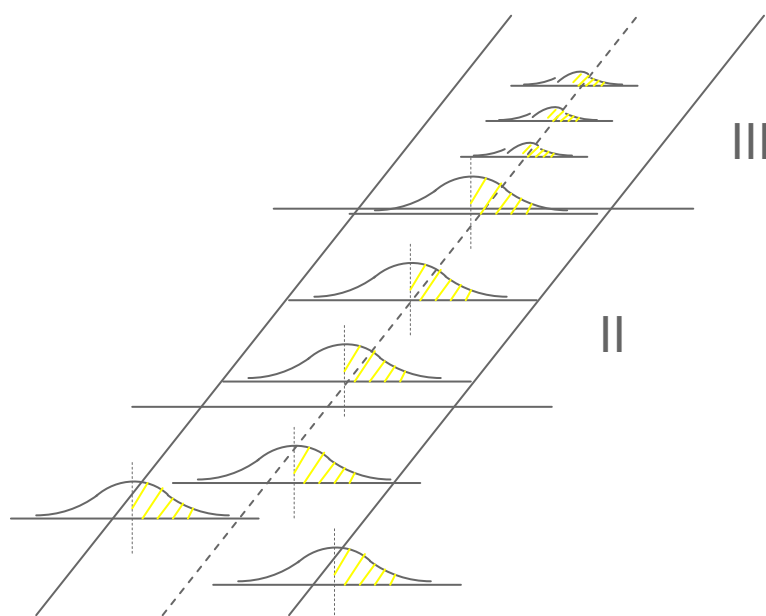
Základní podmínkou úspěšného použití SPC pro daný výrobní proces je plná regulovanost tohoto procesu.

V přípravné etapě je proto nutné provést podrobnou analýzu daného procesu, při níž se ověřuje statistická a technická stabilita regulované veličiny.

Touto stabilitou se rozumí stav procesu v době, kdy jsou parametry rozdělení pravděpodobnosti regulované veličiny konstantní. Technickou stabilitou se rozumí schopnost procesu udržet regulovanou veličinu v mezích daných technickým předpisem, nebo technologickým postupem.

Princip zlepšování procesu dle FORD Q101 (9) je na obr.3.10. Pokud se podaří daný výrobní proces uvést do regulovaného stavu dle fáze

III, je možno nasadit SPC optimálního stupně automatizace podle konkrétních podmínek.



I. Zde se vyskytují systematické i náhodné vlivy. Ani střední hodnota, ani rozptyl není pod kontrolou. Na proces působí systematické i náhodné vlivy.

II. Zde jsou systematické vlivy již odstraněny. Střední hodnota procesu je pod kontrolou.

III. Náhodné vlivy jsou zmenšeny. Viditelně je snížen rozptyl. Takový proces je už možné statisticky regulovat.

Obr. 3.10 Postup zlepšování výrobního procesu (9)

V tabulce 3.2 jsou znázorněny různé stupně zajišťování jakosti ve výrobě.

Pro tento zpracovávaný proces je použit stupeň č.3-statistická regulace na regulačních kartách (diagramech) vedených na počítači.

Tab.3.2 Stupně zajišťování jakosti ve výrobě (9)

5	Automatická regulace výrobního procesu podle automatického měření.
4	Automatický sběr naměřených hodnot a provádění ručních zásahů do procesu
3	Statistická regulace na regulačních kartách vedených na počítači.
2	Statistická regulace na regulačních kartách vedených ručně.
1	Statistická regulace na kartách pro atributivní znaky.

3.5 Sestavení regulačního diagramu

Pro sestavení regulačního diagramu byl použit SPC modul software počítačové podpory jakosti PALSTAT CAQ, verze 7.3. Hodnoty parametrů uvedených v diagramu jsou dále doloženy fyzickými výpočty. Namátkové odběry byly provedeny tak, aby zachytili průběh výrobní zakázky pro typ vřetene 3506-222 ve dvou na sebe navazujících směnách.

Počet odběrů byl volen tak, aby byly zachyceny všechny příčiny rozptylů. Pro dobrý test stability je doporučeno minimum 20-ti odběrů, které obsahují 100 a více jednotlivých hodnot.

V popisovaném případě bylo v první fázi dle doporučení výrobce softwaru provedeno 25 odběrů, při velikosti 5-ti vzorků v jednom odběru. U odběru č.17 bylo zjištěno zkreslení naměřených hodnot díky destrukci řezné destičky. Současně došlo ke zkreslení navazujících výpočtů. Pro další postup byl odběr č.17 vyloučen ze souboru a byl proveden nový přepočet regulačních mezí, viz obr.3-7.

3.5.1 Specifikace procesu

Kontrolovaným jakostním znakem je průměr vřetene pod těsněním $24^{+0,05}_{-0,13}$ mm.

K měření bylo použito digitálního třmenového mikrometru o rozsahu 0 – 25mm, e.č.0/1, výr.č.8149584.

Odběry byly prováděny ve 30-ti minutových intervalech ve dvou po sobě následujících směnách. Interval mezi odběry i jejich četnost byly voleny na základě předchozích poznatků z bakalářské práce. Velikost jednoho odběru čítala 5 vzorků. Odběrů bylo celkem 24, tzn. 120 kusů vzorků.

V průběhu výrobního procesu bylo k obrábění použito následujících břitových destiček:

Hrubování: TUNGALOY DNMG 150608-SM T 6020

Na čisto: ISCAR DNMG 110404-NF IC 907

Uvedené břitové destičky byly upnuty v držácích:

Hrubování: SANDVIK DDJNR 2020K 15

Na čisto: SANDVIK DDJNL 2020K 15

Při obrábění bylo použito procesní kapaliny BLASTER BC-25.

3.5.2 Výpočet hodnot pro regulační diagram

Stanovení střední hodnoty a rozpětí každého odběru, výpočet je proveden pro první odběr (9):

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (3.12)$$

$$\bar{X}_1 = \frac{23,911mm + 23,913mm + \dots + 23,908mm}{5} = 23,9106mm$$

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3.13)$$

$$R_1 = 23,913mm - 23,908mm = 0,005mm$$

kde:

$\bar{X}$ - střední hodnota jednoho odběru

$X_1..X_n$ - jednotlivé naměřené hodnoty

n - počet vzorků v jednom odběru

R - rozpětí

$X_{\max}$ - maximální naměřená hodnota v jednom odběru

$X_{\min}$ - minimální naměřená hodnota v jednom odběru

Vypočet střední hodnoty rozpětí a střední hodnoty procesu (9):

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (3.14)$$

$$\bar{R} = \frac{0,005mm + 0,016mm + \dots + 0,014mm}{24} = 0,0124mm$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m} \quad (3.15)$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{23,9106mm + 23,9110mm + \dots + 23,9094mm}{24} = 23,9092mm$$

kde:

m - počet odběrů

R_1 - rozpětí prvního odběru

R_2 - rozpětí druhého odběru

$\bar{\bar{X}}$ - střední hodnota procesu

$\bar{X}_1$ - střední hodnota prvního odběru

$\bar{X}_2$ - střední hodnota druhého odběru

Regulační meze zásahu jsou určeny dle stanoveného $C_p=1,33$ s umístěním na střed tolerancí (8):

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot s_0} \Rightarrow s_0 = \frac{USL - LSL}{6 \cdot C_p} \quad (3.16)$$

$$s_0 = \frac{23,95mm - 23,87mm}{6 \cdot 1,33} = 0,010025mm$$

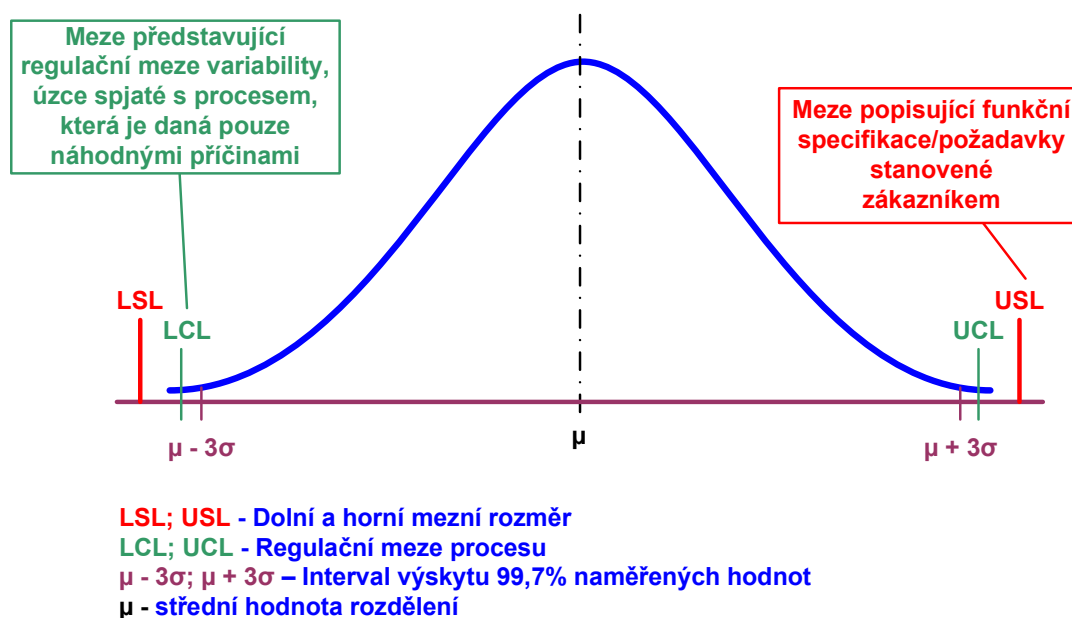
kde:

C_p - charakteristika přesnosti procesu

USL, LSL - horní, resp. dolní mezní rozměr

s_0 - cílová směrodatná odchylka

Význam regulačních mezí dle metodiky Palstat (8) je na obr.3.6.



Obr.3.11 Regulační meze (8)

Výpočet horní a dolní meze zásahu pro diagram středních hodnot (8):

$$UCLX = X_0 + A \cdot s_0 \quad (3.17)$$

$$UCLX = 23,910\text{mm} + 1,342 \cdot 0,010025\text{mm} = 23,92345\text{mm} \cong 23,9235\text{mm}$$

$$LCLX = X_0 - A \cdot s_0 \quad (3.18)$$

$$LCLX = 23,910\text{mm} - 1,342 \cdot 0,010025\text{mm} = 23,89655\text{mm} \cong 23,8965\text{mm}$$

kde:

$UCLX, LCLX$ - horní ,resp.dolní mez zásahu

X_0 - střed tolerancí

A - konstanta dle tabulky 3.3, $A = 1,342$ pro 5 odběrů

Výpočet horní a dolní meze zásahu pro diagram rozpětí (8):

$$UCLR = D_2 \cdot s_0 \quad (3.19)$$

$$UCLR = 4,918 \cdot 0,010025 = 0,04930\text{mm}$$

$$LCLR = D_1 \cdot s_0 \quad (3.20)$$

$$LCLR = 0 \cdot 0,010025 = 0mm$$

kde:

D_1, D_2 - konstanty z tabulky 3.3

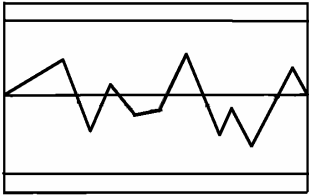
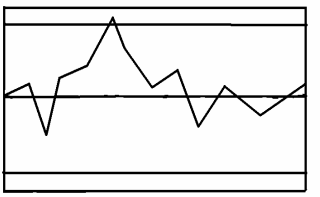
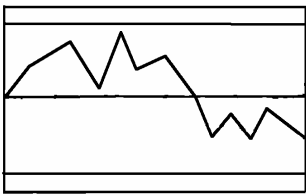
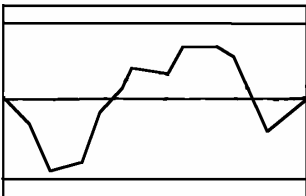
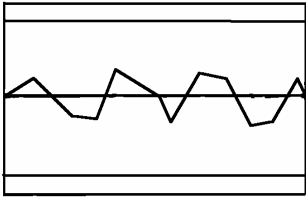
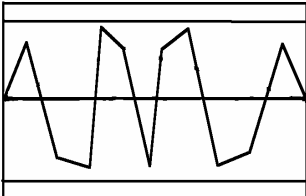
$D_1 = 4,918$ pro 5 odběrů

$D_2 = 0$ pro 5 odběrů

Tab.3.3 konstanty-výběr Palstat (8)

n	A	D1	D2
2	2,121	0,000	3,686
3	1,732	0,000	4,358
4	1,500	0,000	4,698
5	1,342	0,000	4,918
6	1,225	0,000	5,079
7	1,134	0,205	5,204
8	1,061	0,388	5,307
9	1,000	0,547	5,394

Diagram nebo též karta rozpětí se většinou vyhodnocuje před diagramem středních hodnot, ale je možno vyhodnocovat i oba diagramy současně.

1. Karta bez závad		Není nutno činit opatření
2. Body mimo meze zásahu		Ohlásit mistrovi. Seřídít stroj. Překontrolovat a vytřídit dávku.
3. Body nad nebo pod střední hodnotu		Ohlásit mistrovi. Vyšetřit příčinu. Pokud nejsou body mimo meze zásahu, díly v pořádku.
4. Neobvyklé posloupnosti bodů		Ohlásit mistrovi. Vyšetřit příčinu. Pokud nejsou body mimo meze zásahu, díly v pořádku.
5. Více než 90% bodů v prostřední třetině		Ohlásit mistrovi. Vyšetřit příčinu. Díly v pořádku.
6. Méně než 40% bodů v prostřední třetině		Ohlásit mistrovi. Vyšetřit příčinu. Pokud nejsou body mimo meze zásahu, díly v pořádku.

Obr.3.12 Přehled možných závad (5)

V aktuálně zkoumaném procesu dle obr.3.13 lze v diagramu pro rozpětí pozorovat, že sled naměřených hodnot se pohybuje převážně pod střední hodnotou rozpětí, čímž je signalizován menší rozptyl ve výrobcích a tudíž dobrý stav produkce. Regulační diagram v originální velikosti je v příloze č.8.

Diagram středních hodnot odpovídá vzorovému schématu č.5 na obr.3.12. Vypočtené hodnoty leží uvnitř regulačních mezí a jsou sinusovitě rozložené kolem středu tolerancí. Díly jsou v pořádku.

Během monitorování procesu se žádný z odebraných vzorků nedostal mimo toleranční meze. Obrábění jednoho vřetene bylo zastaveno již před hrubováním z důvodu nadměrného obvodového házení polotovaru. Neshodný kus byl označen červenou visačkou a uložen do určené palety.

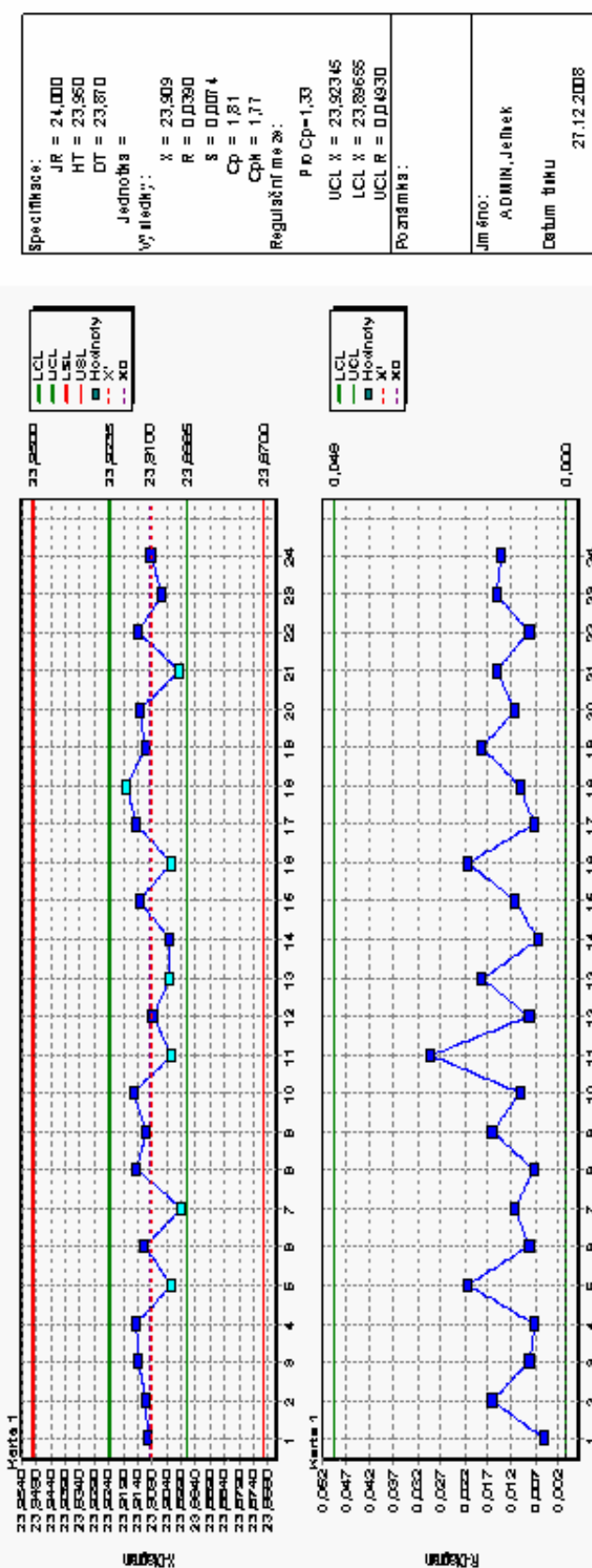
Mimo sledovaný soubor však byla dělníkem označené jako neshodné a neopravitelné 2 kusy vřeten. Pracovník používal při kontrole standardní mechanický mikrometr, předepsaný technologem. Oba kusy byly označeny červenými visačkami.

Pro vyloučení omylu byla následně obě vřetena podrobena kontrole pomocí digitálního třmenového mikrometru, používaného pro monitorování celého procesu. První kus měl rozměr 23,865 mm a druhý 23,866 mm.

Po poradě s technologem a konstruktérem byla obě vřetena uvolněna do výroby, poněvadž při montáži lze provést dotěsnění kroužkem s širší rozměrovou tolerancí. K výskytu neshodných kusů v pravém slova smyslu tak nakonec nedošlo.

REGULAČNÍ DIAGRAM

Název dílu		Číslo dílu 3506-222		Kóta		8		průměr pod těsnění		Četnost:	
Datum		20.03.2010	20.03.2010	20.03.2010	20.03.2010	20.03.2010	20.03.2010	20.03.2010	20.03.2010	20.03.2010	20.03.2010
Cm	00.00.10	00.00.15	01.00.05	01.00.20	00.00.40	00.00.12	00.00.13	00.00.13	00.00.13	00.00.13	00.00.20
X'	23,911	23,913	23,914	23,915	23,914	23,914	23,915	23,915	23,915	23,915	23,915
X2	23,919	23,911	23,910	23,918	23,921	23,914	23,922	23,922	23,922	23,922	23,922
X3	23,903	23,914	23,912	23,914	23,921	23,903	23,903	23,910	23,910	23,910	23,912
X4	23,912	23,910	23,915	23,918	23,918	23,911	23,910	23,915	23,915	23,915	23,915
X5	23,903	23,902	23,912	23,918	23,912	23,918	23,912	23,918	23,918	23,918	23,918
X	23,9108	23,910	23,912	23,914	23,912	23,914	23,912	23,914	23,912	23,912	23,912
R	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
S	0,0021	0,0023	0,0020	0,0027	0,0021	0,0024	0,0027	0,0021	0,0027	0,0021	0,0027
Kontrolní	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN
Předsa	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN	ADNIN



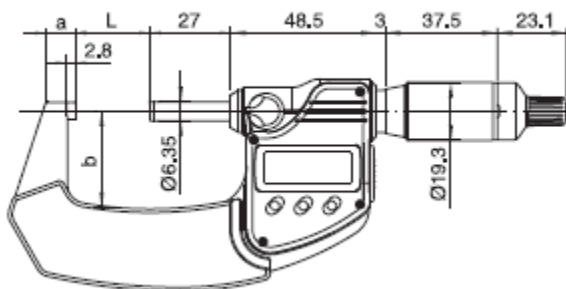
Obr.3.13 Regulační diagram

3.6 Návrh na pořízení nových kontrolních prostředků

Na základě již dříve uvedených poznatků, že mechanický třmenový mikrometr je z hlediska rozlišitelnosti nevhodný pro měření daných výrobních tolerancí, byl jako nový kontrolní prostředek navržen digitální třmenový mikrometr s rozlišitelností 0,001 mm o rozsazích 0 – 25 mm a 25-50 mm.

Pro jedno pracoviště SP 12 CNC byla z aktuálního katalogu firmy Mitutoyo CZ 14001 souprava 2 kusů digitálních třmenových mikrometrů řady 293 o rozsahu 0 -25 mm a 25-50 mm. Cena kazety činí 14 455,-Kč bez DPH.

Podrobné informace o měřidle jsou uvedeny v příloze 6 a 7. Schematické vyobrazení mikrometru řady 293 je na obr.3.14.



Obr.3.14 Digitální třmenový mikrometr Mitutoyo řady 293

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Za jednu směnu strojního pracoviště se vyrobí 200 kusů vřeten. Na 200 kusů s vyrobených připadají 2 kusy neshodné a neopravitelné. Na jedno strojní pracoviště SP 12 CNC připadá 461 směn při dvousměnném ročním provozu.

Při navrhovaném použití kontrolních prostředků s rozlišením 0,001 mm je předpokládáno snížení počtu neshodných výrobků tak, že na 400 kusů vyrobených připadne 1 kus neshodný. Průměrná cena jednoho vřetene v rozpracovanosti (po soustružení) činí 160,- Kč. Investice do kontrolních prostředků pro jedno pracoviště je dle aktuálního ceníku firmy Mitutoyo 14 455,- Kč.

Tab. 6.1 Aktuální a navržené řešení

Ukazatel	Aktuální stav	Ukazatel	Nová měřidla
Roční produkce Q_r [ks/rok]	92 200		92 200
Neshodné výrobky Q_{n1} [ks/rok]	922	Neshodné výrobky Q_{n2} [ks/rok]	231
$(Q_{n1}/Q_r) \cdot 100$ [%]	1	$(Q_{n2}/Q_r) \cdot 100$	0,25
Náklady na neshodné výrobky N_{n1} [Kč]	147 520,-	Náklady na neshodné výrobky N_{n2} [Kč]	36 960,-
		Investice do nového zařízení N_{inv} [Kč]	14 455,-

Úspory

$$\dot{U}_{sp} = N_{n1} - N_{n2} \dots\dots\dots 147\,520 - 36\,960 = 110\,560, -\text{Kč}$$

Rentabilita

$$R_e = (\dot{U}_{sp} / N_{inv}) \cdot 100 \dots\dots\dots (110\,560 / 14\,455) \cdot 100 = 764,85 \%$$

Návratnost

$$N_e = N_{inv} / \dot{U}_{sp} \dots\dots\dots 14\,455 / 110\,560 = 0,13 \text{ roku}$$

Výše uvedené ekonomické propočty potvrzují, že investice do nových kontrolních prostředků se vyplatí a vzniklé náklady se během necelých dvou měsíců vrátí.

K těmto skutečnostem je nutno zmínit úsporu času výrobního dělníka díky rychlejšímu odečtu naměřených hodnot a snížení podílu chyby způsobené chybným čtením.

Výhledově je pak možnost doplnit navržené kontrolní prostředky dalšími komponentami pro statistické zpracování naměřených hodnot, nebo dále uchovávat a zpracovávat naměřená data pomocí modulů CAQ.

5 ZÁVĚR

Metodika SPC má své významné postavení zejména v automobilovém průmyslu. Vyrůstající požadavky zákazníků na jakost však otevírají cesty statistickým metodám regulace i do dalších odvětví strojírenské výroby.

Projekt zaměřený na snížení výskytu neshodných výrobků v oblasti výroby a kontroly včetně vodárenských armatur mapoval kontrolní proces na soustružnickém pracovišti SP 12 CNC. V jednotlivých etapách studie byly získány následující skutečnosti:

- pro měření dané tolerance 0,08 mm bylo na základě vyhodnocení způsobilosti zamítnuto použití technologem předepsaného mikrometru s rozlišením 0,01 mm a doporučeno použití mikrometru digitálního s rozlišením 0,001 mm,
- v období od srpna 2008 do února 2009 byl digitální mikrometr zařazen k běžnému používání do výroby. V uvedeném období bylo měřidlo jednou měsíčně podrobeno kontrole chyby měření. Překročení normou doporučené chyby měření $\pm 4 \mu\text{m}$ nebylo zjištěno,
- při vyhodnocení způsobilosti stroje bylo potvrzeno, že výrobní zařízení je při hodnotách $C_m=1,83$ a $C_{mk}=1,71$ způsobilé dodržet předepsanou výrobní toleranci a je správně seřízeno,
- součinitele způsobilosti, resp. správnosti nastavení procesu $C_p=1,81$ a $C_{pk}=1,77$ udávají, že předepsaná výrobní tolerance bude vyčerpána z 55 %, a že průběh výrobního procesu je orientován ke středu tolerančního pole,
- diagram zpracovaný na základě naměřených a vypočtených hodnot potvrdil regulovanost procesu a prokazuje výrobu shodných kusů (Příloha 5),
- návrh nových kontrolních prostředků předpokládá pořízení sady 2 kusů digitálních mikrometrů o rozsazích 0-25 mm a 25-50 mm v ceně 14 455,-Kč,
- technicko-ekonomické hodnocení předpokládá snížení počtu neshodných výrobků ze současných 2 kusů na 200 kusů vyrobených na předpokládáný 1 kus na 400 kusů vyrobených. Úspory činí 110 560,-Kč, rentabilita 764,85 % a návratnost je méně než 2 měsíce.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ČECH, J., PERNÍKÁŘ, J., PODANÝ, K. *Strojírenská metrologie*. 4. přepracované vydání. Brno:Akademické nakladatelství CERM, 2005.176s. ISBN 80-214-3070-2.
2. ČSN 01 0115
3. ČSN ISO 3611
4. FIALA, A. *Statistické řízení procesů. Prostředky a nástroje pro řízení a zlepšování procesů*. VUT v Brně. 1997. ISBN 80-214-0895-2.
5. JELÍNEK, N. *Statistické řízení a regulace výrobního procesu vřeten. Bakalářská práce*. Brno:Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2006. 41s. Vedoucí práce:doc.Ing.Jiří Perníkář, CSc.
6. NENÁHLO, Č. *Měření vybraných geometrických veličin*. 1.vyd.Praha. Česká metrologická společnost.1999.218s.
7. PALSTAT s.r.o. *PASTAT CAQ*. [CD disk]. Verze pro Windows 98,2000, Professional XP. Česko. PALSTAT s.r.o. Červenec 2008. Verze 7.3.2008.
8. PALSTAT s.r.o. *Metodiky PALSTAT CAQ*. [CD disk]. Verze pro Windows 98, 2000, Professional XP. Česko. PALSTAT s.r.o. Červenec 2008.
9. PERNÍKÁŘ, J., TYKAL, M. *Strojírenská metrologie II*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006.180s. ISBN 80-214-3338-2.
10. P 350 -1. *Řízení měřicího a monitorovacího zařízení*. JMA Hodonín s.r.o. Česko. Technicko-organizační postup kvality 09/03. Leden 2004.
11. VDA 5. *Způsobilost kontrolních procesů*. Přel.Z. Janeček, Č. Nenáhlo. 1.vyd. Praha:Česká metrologická společnost pro jakost. 2004. Management jakosti v automobilovém průmyslu. 112s. ISBN 80-02-01656-4.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

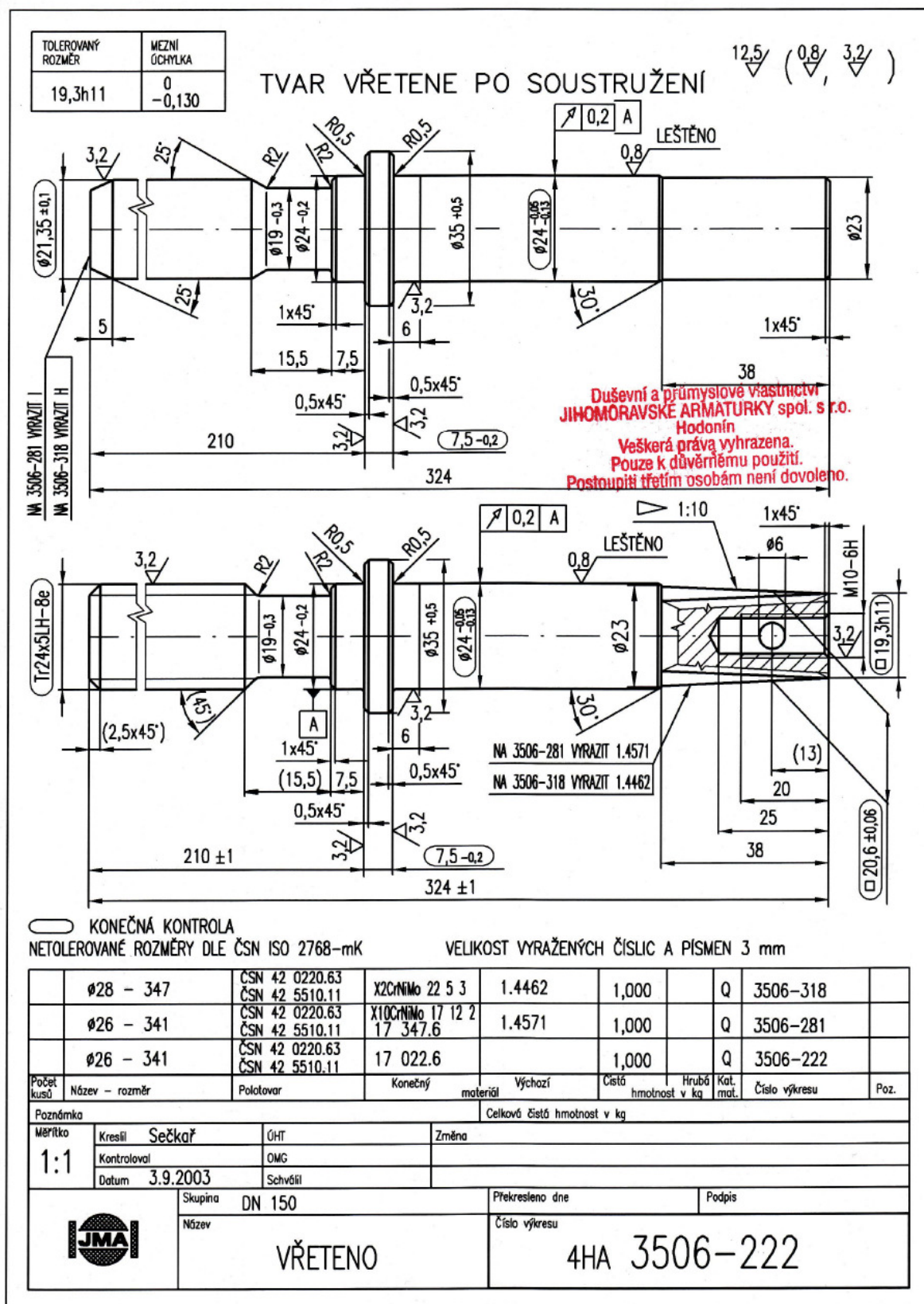
Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	[-]	Konstanta užitá při výpočtu mezí zásahu
Bi	[mm]	Systematická chyba
CAPP	[-]	Počítačem podporované plánování výroby, včetně skladování
CAQ	[-]	Počítačem podporované řízení jakosti
CNC	[-]	Počítačem řízený obráběcí stroj
C_g	[-]	Součinitel opakovatelnosti
C_{gk}	[-]	Součinitel strannosti
C_m	[-]	Součinitel způsobilosti stroje
C_{mk}	[-]	Součinitel využití způsobilosti stroje
C_{mkl}	[-]	Dolní ukazatel využití způsobilosti stroje
C_{mku}	[-]	Horní ukazatel využití způsobilosti stroje
C_p	[-]	Součinitel přesnosti procesu
C_{pk}	[-]	Součinitel správnosti nastavení procesu
C_{pkl}	[-]	Dolní ukazatel správnosti nastavení procesu
C_{pku}	[-]	Horní ukazatel správnosti nastavení procesu
D_1, D_2	[-]	Konstanty užité při výpočtu mezí
F_{max}	[μ m]	Mezní chyba měření pro mikrometr
f_p	[%]	Relativní variační rozpětí
LCLR	[mm]	Dolní mez zásahu pro diagram rozpětí
LCLX	[mm]	Dolní mez zásahu pro diagram středních hodnot
LSL	[mm]	Dolní mezní rozměr
m	[-]	Počet odběrů
MSA	[-]	Analýza systému měření
Mr	[%]	Míra rozlišení
n	[-]	Počet měření
μ	[mm]	Aritmetický průměr
N_e	[rok]	Návratnost
N_{inv}	[Kč]	Investice do nového zařízení
N_{n1}, N_{n2}	[Kč]	Náklady na neshodné výrobky
Q_{n1}, Q_{n2}	[ks/rok]	Neshodné výrobky
Q_r	[ks/rok]	Roční produkce
r	[mm]	Rozlišení
R	[mm]	Rozpětí
$\bar{R}$	[mm]	Střední hodnota rozpětí procesu
R_e	[%]	Rentabilita

SPC	[-]	Statistická procesní regulace
s	[mm]	Výběrová směrodatná odchylka procesu
s _g	[mm]	Výběrová směrodatná odchylka výsledků měření kontrolního etalonu
s _m	[mm]	Výběrová směrodatná odchylka výsledků měření vzorků součástí
s ₀	[mm]	Cílová výběrová směrodatná odchylka
σ	[mm]	Směrodatná odchylka
T	[mm]	Výrobní tolerance výrobku
UCLR	[mm]	Horní mez zásahu pro diagram rozpětí
UCLX	[mm]	Horní mez zásahu pro diagram středních hodnot
USL	[mm]	Horní mezní rozměr
Ú _{sp}	Kč	Úspory
$\overline{X}$	[mm]	Střední hodnota jednoho odběru
$\overline{\overline{X}}$	[mm]	Střední hodnota procesu
$\overline{x_g}$	[mm]	Aritmetický průměr naměřených hodnot vzorové součásti
x_i	[mm]	Výsledek i-tého měření
x_m	[mm]	Vzorová součást (referenční etalon)
$\overline{x_m}$	[mm]	Výběrový průměr výsledků měření součástí
$X_{\max}$	[mm]	Maximální naměřená hodnota v jednom odběru
$X_{\min}$	[mm]	Minimální naměřená hodnota v jednom odběru
x ₀	[mm]	Střed tolerancí

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Vřeteno 3506-222
Příloha 2	Kalibrační list vřetene 3506-222
Příloha 3	Kalibrační list digitálního třmenového mikrometru
Příloha 4	Kalibrační list třmenového mikrometru
Příloha 5	Statistická regulace procesu
Příloha 6	Třmenový mikrometr“DIGIMATIC“ série 293
Příloha 7	Třmenový mikrometr“DIGIMATIC“ v sadách
Příloha 8	Regulační diagram

Příloha 1



Příloha 2

TECHNICKÉ LABORATOŘE OPAVA, akciová společnost
Kalibrační laboratoř geometrických veličin
č. 2277
akreditovaná Českým institutem pro akreditaci o.p.s. osvědčení
o akreditaci číslo 531/2007 ze dne 28.8.2007



K 2277

Telefon 553759860 ÷ 67
Fax 553759869

Těšínská 1652/79
746 41 OPAVA

KALIBRAČNÍ LIST č. 6849/2008

List 1
ze 2 listů

Datum vystavení : 16.7.2008

Žadatel : Norbert Jelínek, Slavíkova 8
695 01 Hodonín

Dílec :
- Název: Vřeteno – 1 kus
neidentifikován
- Výrobce :
- Jmenovitý rozměr : $\varnothing 24^{-0,05}_{-0,13}$
- Identifikační číslo: A1
- Čís. výkr. dokum.: 4HA 3506-222

Datum přijetí : 14.7.2008

Datum kalibrace: 15.7.2008

Použité etalony :

- Název :	Koncové měrky	Délkoměr
- Výrobce :	Zeiss	Zeiss
- Typ / rozsah :	(0,5 až 100 mm)	(0 až 600 mm)
- Identifikační číslo :	31899	7098
- Kalibrační list č. :	1341/08	3192/08
- Platnost kalibrace do:	8.2.2009	11.4.2010

Etalony jsou metrologicky navázány na státní (mezinárodní) etalonáž

Kalibrační metoda: Kalibrační postup č. 4.1 - KLGV; výkresová dokumentace
a specifikace daná zákazníkem

Podmínky měření : Teplota vzduchu v laboratoři $20^{\circ} \pm 0,8^{\circ} \text{C}$
Změna teploty během měření max. $0,5^{\circ} \text{C/hod}$

Výsledek měření: viz list č. 2 / tabulka

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu stran. Naměřené údaje a hodnoty se vztahují ke dni a místu, ve kterém byla kalibrace provedena.

Výsledek měření:

Tabulka:

Jmenovitá hodnota rozměru dle výkresu (mm)	Naměřená hodnota (9x měření ve 3 řezech po 120°) (mm)		Střední hodnota (mm)	Vyhovuje výkresové dokumentaci
$\varnothing 24^{-0,05}_{-0,13}$	Řez - 1	1) $\varnothing 23,9121$	$\varnothing 23,9100$	ano
		2) $\varnothing 23,9114$		
		3) $\varnothing 23,9106$		
	Řez - 2	4) $\varnothing 23,9106$		
		5) $\varnothing 23,9098$		
		6) $\varnothing 23,9092$		
	Řez - 3	7) $\varnothing 23,9093$		
		8) $\varnothing 23,9087$		
		9) $\varnothing 23,9083$		

- Rozšířená nejistota měření: $U = 1,6 \mu\text{m}$

- Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

Kalibraci provedl : Milan Hradil

.....
(podpis)

Schválil: Jiří Novák
vedoucí akreditované Kalibrační laboratoře
geometrických veličin č. 2277

.....
(podpis, razítko)



Příloha 3

TECHNICKÉ LABORATOŘE OPAVA, akciová společnost
Kalibrační laboratoř geometrických veličin
č. 2277
akreditovaná Českým institutem pro akreditaci o.p.s. osvědčení
o akreditaci číslo 531/2007 ze dne 28.8.2007



K 2277

Telefon 553759860 ÷ 67
Fax 553759869

Těšínská 1652/79
746 41 OPAVA

KALIBRAČNÍ LIST

č. 5034/2008

List 1
ze 2 listů

Datum vystavení : 3.7.2008

Žadatel : Jihomoravská armaturka spol. s r.o., Lipová alej 3087/1
695 01 Hodonín

Měřidlo :

- Název: Digitální třmenový mikrometr – 1 kus
- Výrobce: Mitutoyo
- Jmenovitý rozměr: $L = 0 \div 25 / 0,001$ (mm)
- Identifikační číslo: 0/1 ; výr.číslo 8149584
- Příslušenství: úložná umělohmotná kazeta, porovnávací měrka - $L = 25$ (mm) a seřizovací klíč

Datum přijetí : 17.6.2008

Datum kalibrace: 3.7.2008

Použité etalony :

- | | | |
|--------------------------|-----------------|---------------|
| - Název : | Koncové měrky | Délkoměr |
| - Výrobce : | Zeiss | Zeiss |
| - Typ / rozsah : | (0,5 až 100 mm) | (0 až 600 mm) |
| - Identifikační číslo : | 31899 | 7098 |
| - Kalibrační list č. : | 1341/08 | 3192/08 |
| - Platnost kalibrace do: | 8.2.2009 | 11.4.2010 |
- Etalony jsou metrologicky navázány na státní (mezinárodní) etalonáž

Kalibrační metoda: Kalibrační postup č. 2.22 - KLGv

Podmínky měření : Teplota vzduchu v laboratoři $20^{\circ} \pm 0,8^{\circ} \text{C}$
Změna teploty během měření max. $0,5^{\circ} \text{C/hod}$

Výsledek kalibrace : viz list č. 2 / tabulka

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu stran. Naměřené údaje a hodnoty se vztahují ke dni a místu, ve kterém byla kalibrace provedena.

Výsledek kalibrace - viz tabulka:

Měřicí rozsah „L“ (mm) / dílek st. (mm) / evid. číslo	Kontrola přesnosti měření v rozsahu „L“ stupnice		Porovnávací měrka	Výsledek kalibrace
	Kontrolní rozměr – jmenovitá hodnota (mm)	Naměřená úchylka (μm)	Jmenovitá hodnota / naměřená hodnota	Naměřené hodnoty vyhovují pro přesnost měření „P“ v rozsahu stupnice „L“
0 ÷ 25 / 0,001 / 0/1	0	0	25 / 24,9993	P ≥ 3 μm
	2,12	0		
	5,24	0		
	8,36	0		
	11,5	0		
	15,2	0		
	17,6	0		
	20,4	0		
	22,1	0		
	25,0	-1		
Rozšířená nejistota měření	U = 2 μm		U = 0,6 μm	

- Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

Kalibraci provedl : Milan Hradil

.....
(podpis)

Schválil: Jiří Novák
vedoucí akreditované Kalibrační laboratoře
geometrických veličin č. 2277



.....
(podpis, razítko)

Příloha 4



TECHNICKÉ LABORATOŘE OPAVA, akciová společnost

Kalibrační laboratoř geometrických veličin

č. 2277

akreditovaná Českým institutem pro akreditaci o.p.s. osvědčení
o akreditaci číslo 531/2007 ze dne 28.8.2007



Telefon 553759860 ÷ 67

Fax 553759869

Těšínská 1652/79

746 41 OPAVA

KALIBRAČNÍ LIST

č. 5035/2008

List 1
ze 2 listů

Datum vystavení : 3.7.2008

Žadatel : Jihomoravská armaturka spol. s r.o., Lipová alej 3087/1
695 01 Hodonín

Měřidlo :

- **Název:** Třmenový mikrometr – 1 kus
- **Výrobce :** Somet
- **Jmenovitý rozměr :** $L = 0 \div 25 / 0,01$ (mm)
- **Identifikační číslo:** 12
- **Příslušenství:** úložná umělohmotná kazeta

Datum přijetí : 17.6.2008

Datum kalibrace: 3.7.2008

Použité etalony :

- **Název :** Koncové měrky
 - **Výrobce :** Zeiss
 - **Typ / rozsah :** (0,5 až 100 mm)
 - **Identifikační číslo :** 31899
 - **Kalibrační list č. :** 1341/08
 - **Platnost kalibrace do:** 8.2.2009
- Etalon je metrologicky navázán na státní (mezinárodní) etalonáž

Kalibrační metoda: Kalibrační postup č. 2.10 - KLGv

Podmínky měření : Teplota vzduchu v laboratoři $20^{\circ} \pm 0,8^{\circ}$ C
Změna teploty během měření max. $0,5^{\circ}$ C/hod

Výsledek kalibrace : viz list č. 2 / tabulka

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu stran. Naměřené údaje a hodnoty se vztahují ke dni a místu, ve kterém byla kalibrace provedena.

Výsledek kalibrace - viz tabulka:

Měřicí rozsah „L“ (mm) / dílek st. (mm) / evid. číslo	Kontrola přesnosti měření v rozsahu „L“ stupnice		Výsledek kalibrace
	Kontrolní rozměr – jmenovitá hodnota (mm)	Naměřená úchylka (μm)	Naměřená přesnost měření v rozsahu „L“ stupnice VYHOVUJE ČSN ISO 3611
0 ÷ 25 / 0,01 / 12	0	0	ano
	2,12	0	
	5,24	0	
	8,36	0	
	11,5	0	
	15,2	0	
	17,6	0	
	20,4	0	
	22,1	0	
	25	0	
Rozšířená nejistota měření	U = 2,5 μm		

- Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

Kalibraci provedl : Milan Hradil

.....
(podpis)

Schválil: Jiří Novák
vedoucí akreditované Kalibrační laboratoře
geometrických veličin č. 2277

.....
(podpis, razítko)



Příloha 5

Statistická regulace procesu

Číslo dílu 3506-222

Index změny 2

Stroj SP 12 CNC

Název dílu vřeteno

Velikost odběru 5

Kód kóty 8

Regulace 2

Četnost odběru 0

Název kóty průměr pod těsněním

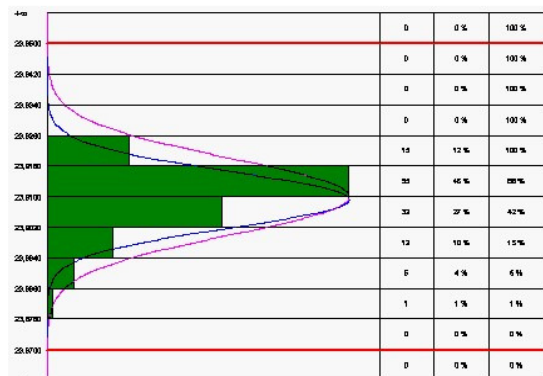
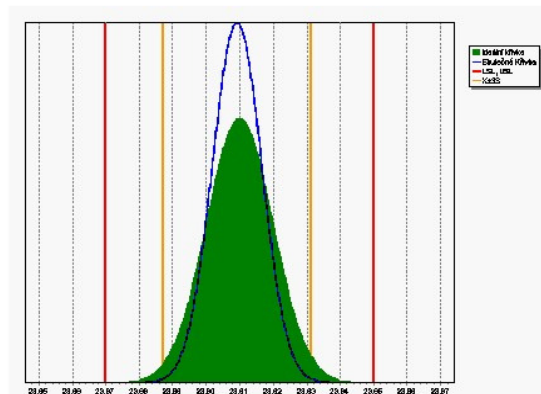
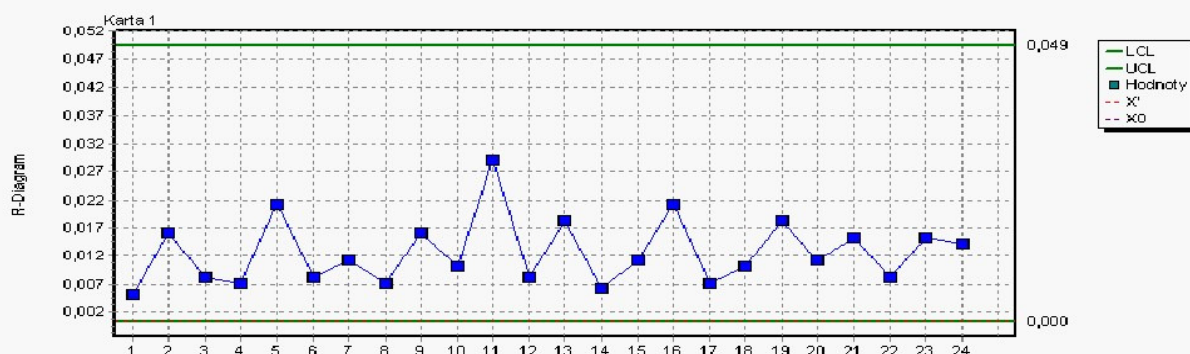
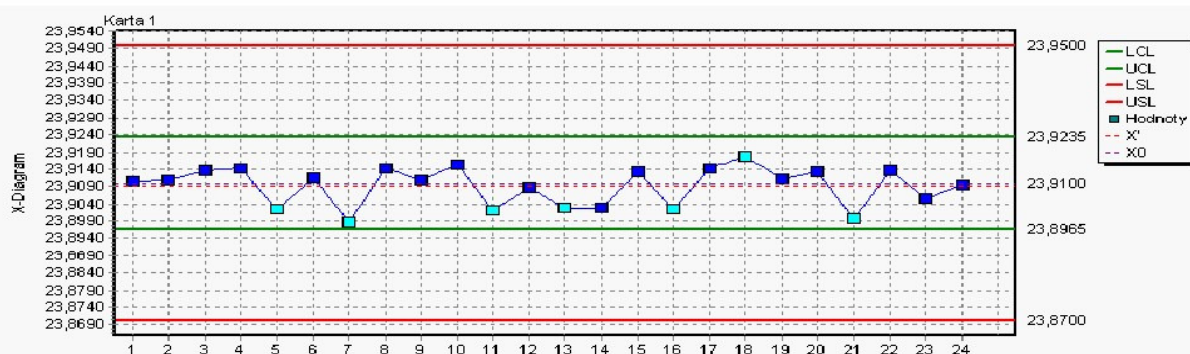
Velikost karty 25

JR 24,000

HT 23,950

DT 23,870

Období 20.08.2008 06:00 - 17:59



Cp 1,81
Cpk 1,77

X 23,909
R 0,0390
S 0,0074

Nad HT 0
Pod DT 0

Procento chyb 0,0000
Předp. procento chyb 0,0000

Příloha 6

Funkce	Série 293
ORIGIN až 100 mm	●
ZERO/ABS	●
Auto Power-Off po 20 minutách nepoužívání	●
PRESET od 100 mm (nahrazuje tlačítko ORIGIN)	●
HOLD	●
Výstup dat	●

Technické parametry

Přesnost:	Výrobní norma
Stupeň ochrany:	IP-65
Číslicový krok:	0,001 mm
Stupnice:	Na bubinku a na pouzdře matně chromovaná
Měřicí plochy:	Osazené tvrdokovem, broušené, jemně lapované
Třmen:	Lakovaný
Měřicí síla:	5–10 N
Životnost baterie:	1,2 roku (až 100 mm) 8 měsíců (> 100 mm)

Včetně pouzdra, klíče, 1 baterie,
nastavovací měrky (od 25 mm),
do rozsahu 50 mm, s výrobním certifikátem

Zvláštní příslušenství

č.	Označení
05CZA662	Signální kabel s tlačítkem data (1 m)
05CZA663	Signální kabel s tlačítkem data (2 m)

Spotřební materiál

č.	Označení
938882	Baterie SR-44



s řehtačkou (normální provedení)



bubinková řehtačka
(s funkcí řehtačky v bubinku)



třecí bubínek (s rovnoměrným
„probroušením“ bubínku)



Vysoká odolnost vůči oleji a chemikáliím díky
použití vybraných materiálů.

Třmenový mikrometr „DIGIMATIC“

- Digitální standardní třmenový mikrometr s ochranou IP-65.

Série 293 s výstupem dat



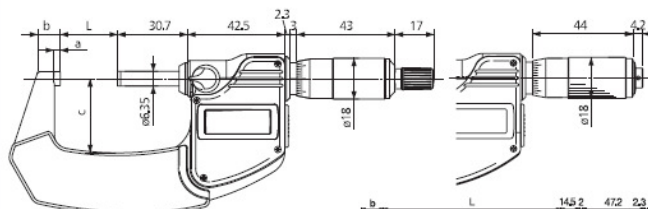
293-230
s řehtačkou (normální provedení)



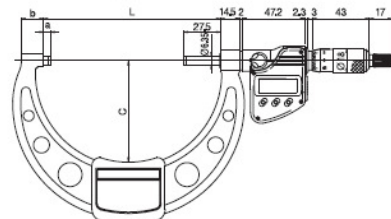
293-238
s třecím bubínkem

Rozsah měření mm	č.	Mezní chyba* μm	L mm	a mm	b mm	c mm	Hmotnost g
S řehtačkou (normální provedení)							
0–25	293-230	2	–	2,8	9,0	25,0	270
25–50	293-231	2	25,0	2,8	9,8	32,0	330
50–75	293-232	2	50,0	2,8	12,6	47,0	470
75–100	293-233	3	75,0	2,8	14,0	60,0	625
100–125	293-250	3	132,8	5,3	16,7	76,5	600
125–150	293-251	3	158,2	5,7	18,8	91,0	740
150–175	293-252	4	183,6	6,1	19,1	103,1	800
175–200	293-253	4	208,8	6,3	18,2	115,3	970
200–225	293-254	4	234,2	6,7	16,8	126,8	1100
225–250	293-255	5	258,0	5,5	18,0	139,8	1270
250–275	293-256	5	284,0	6,5	18,0	152,3	1340
275–300	293-257	5	309,0	6,5	18,0	166,0	1540
S bubinkovou řehtačkou							
0–25	293-234	2	–	2,8	9,0	25,0	270
25–50	293-235	2	25,0	2,8	9,8	32,0	330
50–75	293-236	2	50,0	2,8	12,6	47,0	470
75–100	293-237	3	75,0	2,8	14,0	60,0	625
S třecím bubínkem							
0–25	293-238	2	–	2,8	9,0	25,0	270

* Přesnost přesahující požadavky DIN 863



Rozsah měření do 0–100 mm



Rozsah měření do 100–300 mm

Příloha 7

Třmenový mikrometr „DIGIMATIC“ v sadách

- Digitální standardní třmenový mikrometr s ochranou IP-65.

Série 293

s výstupem dat



293-966



293-962

Rozsah měření mm	č.	Sestava sady
0– 50	293-966	293-230, 293-231 + koncová měřka 25 mm z keramiky
0– 75	293-962	293-230, 293-231, 293-232 + nastavovací měřka 25 mm a 50 mm
0–100	293-963	293-230, 293-231, 293-232, 293-233 + nastavovací měřka 25 mm, 50 mm a 75 mm

Funkce	Série 293
ORIGIN až 100 mm	●
ZERO / ABS	●
Auto Power-Off po 20 minutách nepoužívání	●
Preset od 100 mm (nahrazuje tlačítko ORIGIN)	●
HOLD	●
Výstup dat	●

Technické parametry

Přesnost: Výrobní norma
 Číslicový krok: 0,001 mm
 Stupnice: Na bubínku a na pouzdrě matně chromovaná
 Měřicí plochy: Osazené tyrdokovem, broušené, jemně lapované
 Třmen: Lakovaný
 Měřicí síla: 5–10 N
 Životnost baterie: 1,2 roku

Včetně pouzdra, klíče, 1 baterie, nastavovací měřky (od 25 mm) z keramiky pouze u 293-966, měřicí rozsah do 50 mm s výrobním certifikátem



Zvláštní příslušenství

č.	Označení
05CZA662	Signální kabel s tlačítkem data (1 m)
05CZA663	Signální kabel s tlačítkem data (2 m)

Spotřební materiál

č.	Označení
938882	Baterie SR-44

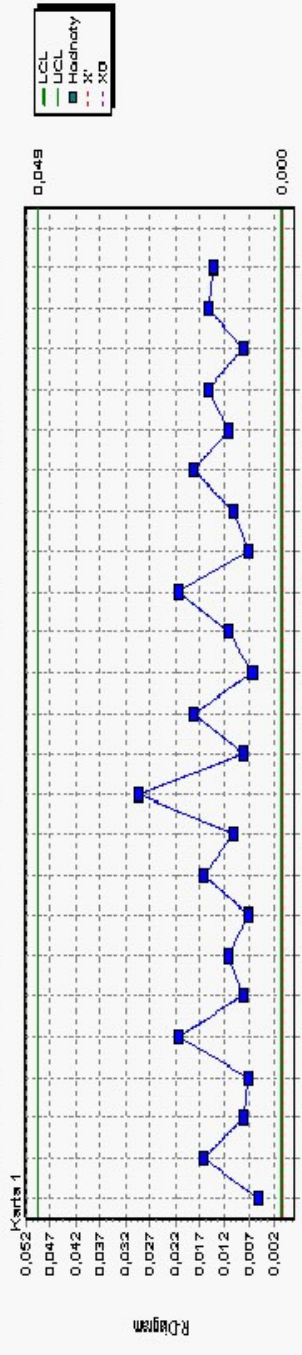
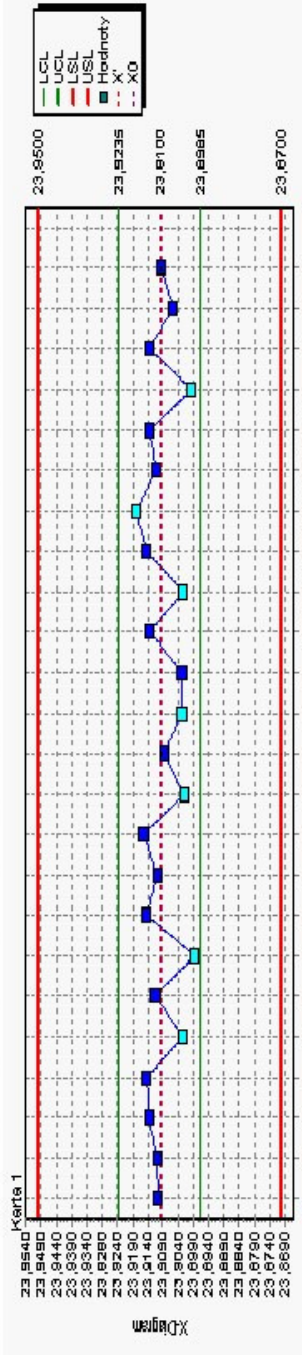


Vysoká odolnost vůči oleji a chemikáliím díky použití vybraných materiálů.

REGULAČNÍ DIAGRAM

Název dílu		Číslo dílu 3506-222								Kóta 8								průměr pod těsnění Četnost:							
Cetm		20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200	20.08.200
Čar		06.30.15	07.00.05	07.30.20	08.00.40	08.30.12	09.00.19	09.30.20	10.00.10	10.30.10	11.00.20	11.30.02	12.00.20	12.30.40	13.00.47	13.30.10	14.00.27	15.00.30	16.00.10	16.30.15	17.00.05	17.30.11	17.59.50		
X1		23.911	23.918	23.914	23.911	23.914	23.914	23.913	23.913	23.913	23.909	23.907	23.892	23.903	23.918	23.912	23.911	23.924	23.911	23.919	23.902	23.918	23.901	23.901	
X2		23.913	23.911	23.918	23.901	23.914	23.914	23.911	23.911	23.911	23.914	23.905	23.903	23.902	23.907	23.908	23.914	23.920	23.914	23.903	23.914	23.900	23.901	23.901	
X3		23.909	23.914	23.918	23.914	23.908	23.903	23.916	23.902	23.920	23.908	23.910	23.902	23.905	23.910	23.901	23.918	23.914	23.902	23.916	23.899	23.916	23.908	23.912	
X4		23.912	23.910	23.915	23.913	23.911	23.902	23.911	23.915	23.920	23.908	23.913	23.908	23.908	23.914	23.891	23.913	23.918	23.902	23.911	23.904	23.911			
X5		23.908	23.902	23.912	23.916	23.916	23.901	23.918	23.910	23.918	23.886	23.909	23.908	23.905	23.917	23.901	23.916	23.914	23.901	23.908	23.905	23.910	23.915		
X		23.9106	23.9110	23.9138	23.9144	23.9124	23.9116	23.8988	23.9144	23.9110	23.9118	23.9154	23.9022	23.9028	23.9132	23.9024	23.9144	23.9180	23.912	23.932	23.896	23.9138	23.9066	23.9094	
R		0.0050	0.0160	0.0080	0.0070	0.0210	0.0080	0.0110	0.0160	0.0100	0.0250	0.0080	0.0180	0.0060	0.0110	0.0210	0.0100	0.0100	0.0180	0.0110	0.0150	0.0080	0.0140		
S		0.0021	0.0059	0.0030	0.0027	0.0081	0.0044	0.0048	0.0059	0.0042	0.0119	0.0030	0.0070	0.0025	0.0047	0.0081	0.0027	0.0042	0.0088	0.0043	0.0058	0.0039	0.0061	0.0053	
Podpis		ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	ADMIN	

Objekt 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25



Specifikace:
JR = 24.000
HT = 23.960
DT = 23.870
Jednotka =
Výsledky: X = 23.909
R = 0.0390
S = 0.0074
Cp = 1.81
Cpk = 1.77
Regulační meze:
Pro Cp=1.33
UCL X = 23.92345
LCL X = 23.89655
UCL R = 0.04930
LCL R = 0.00070
Poznámka:
Jméno: ADMIN, Jelfnek
Datum tisku: 09.06.2009

