



Vliv metod měření a kontroly kvality na kvalitu výroby v procesu obrábění

Bakalářská práce

Studijní program: B6208 – Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R085 – Podniková ekonomika

Autor práce: **Karolína Valentová**

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Rozkovec



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karolína Valentová**

Osobní číslo: **E14000116**

Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**

Studijní obor: **Podniková ekonomika**

Název tématu: **Vliv metod měření a kontroly kvality na kvalitu výroby
v procesu obrábění**

Zadávací katedra: **Katedra ekonomické statistiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Charakteristika typů měření a kontroly
2. Charakteristika druhů analýz měření
3. Měření a kontrola ve firmě Jizerskohorská strojírna spol. s r. o.
4. Vyhodnocení měření a kontroly a návrh pro zefektivnění

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **30 normostran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

ANDĚL, Jiří. Statistické metody. 4. vyd. Praha: Matfyzpress, 2007.
ISBN 80-7378-003-8.

BUMBÁLEK, Leoš. Kontrola a měření. Praha: Informatorium, 2009.
ISBN 978-80-7333-072-9.

DOWN, Michael, Frederick CZUBAK a Gregory GRUSKA. Analýza systémů měření. 4. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011.
ISBN 978-80-02-02323-5.

GRYN, Hank, Russ HOPKINS a Joe BRASKYM. Statistická regulace procesů. 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01810-9.

MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. Kompendium statistického zpracování dat. 3. vyd. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2196-8.

MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to statistical quality control. 6th ed. USA: John Wiley and Sons, 2009. ISBN 978-0-470-16992-6.

Elektronická databáze článků ProQuest [online]. Dostupné z:
<http://knihovna.tul.cz>.

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Jiří Rozkovec

Katedra ekonomické statistiky

Konzultant bakalářské práce:

Jiří Kořínek

Jizerskohorská strojírna spol. s r. o., manažer kvality

Datum zadání bakalářské práce:

31. října 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2018



prof. Ing. Miroslav Žižka, Ph.D.
děkan



Ing. Vladimíra Hovorková Valentová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 31. října 2016

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

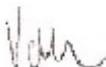
Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 21.12.2017

Podpis: 

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Mgr. Jiřímu Rozkovci za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled. Děkuji také Jiřímu Kořínkovi ze společnosti Jizerskohorská strojírna, spol. s r. o. za ochotu a vstřícnost při poskytování potřebných dat.

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na vliv metod měření a kontroly kvality na kvalitu výroby v procesu obrábění na kvalitu ve společnosti Jizerskohorská strojírna, spol. s r.o. Cílem práce je demonstrovat vhodnost měřicího zařízení pro signifikantní znaky obrobku a prokázat kontrolu kvality měření během procesu obrábění. Úvodní část je zaměřena na problematiku důležitosti jakosti, správného výběru měřicího zařízení a volby metody měření a je základem pro část analytickou, ve které jsou charakterizovány jednotlivé metody měření. Na základě provedených analýz je provedena zkouška vybraného měřicího zařízení a ze získaných hodnot bude zjištěna způsobilost stroje. Poté bude navrženo řešení ke snížení zmetkovosti při procesu obrábění, které povede ke zvýšení efektivity výrobních jednotek a snížení nákladů vynaložených na špatně obrobené kusy.

Klíčový slova

měřicí zařízení, měření, metody měření, způsobilost, proces

Annotation

The bachelor thesis focuses on the influence of measurement methods and quality control in the machining process for production quality at Jizerskohorská strojírna, spol. s r.o. The aim of this work is to demonstrate the suitability of measuring devices for significant workpiece features and to show quality control by measurement during the machining process. The theoretical part focuses on issues of importance of quality, correct selection of measuring equipment and choice of measurement method. The theoretical part is the basis for the analytical part in which the individual measurement methods are presented. On the basis of the analyses carried out, a test of the selected measuring device is performed. Thanks to the measured values using a measuring device, the machine's fitness will be determined. Then a solution will be proposed to reduce decay in the machining process. For the future increase of the efficiency of the production units and the reduction of the costs incurred on the badly machined pieces.

Key words

measuring equipment, measurement, measurement methods, fitness, process

Obsah

Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	9
Úvod.....	11
1 Řízení jakosti.....	13
1.1 Plánování kontrol.....	14
1.2 Druhy kontrol.....	14
2 Nástroje pro měření.....	15
2.1 Porovnávací měřidla.....	15
2.2 Mechanická měřidla.....	16
2.3 Souřadnicové měřicí stroje - SMS.....	19
2.4 Volba měřidla.....	20
3 Chyby při měření.....	21
3.1 Zásady měření za stejných podmínek.....	21
3.2 Tolerance.....	22
4 Analýza systému měření.....	23
4.1 Zdroje variability systému měření.....	23
4.2 Indexy způsobilosti C_g , C_{gk}	25
4.3 Metoda R&R.....	27
4.3.1 Metoda průměru a rozpětí.....	27
5 JIZERSKOHOŘSKÁ STROJÍRNA, spol. s r. o.....	31
5.1 CNC stroje.....	32
5.1.1 Způsobilost procesu.....	32
5.1.2 Indexy způsobilosti procesu.....	33
5.2 Návštěva v podniku.....	34
5.3 Postup měření.....	35
5.4 Způsobilost měřidel.....	37
5.4.1 Výpočet ukazatelů způsobilosti C_g a C_{gk}	37
5.4.2 Metoda průměru a rozpětí.....	39
5.5 Způsobilost procesu CNC stroje.....	40
Závěr.....	43
Seznam použité literatury.....	44
Seznam příloh.....	46

Seznam obrázků

Obrázek 1: Válečkový kalibr.....	15
Obrázek 2: Koncové měrky.....	16
Obrázek 3: Digitální posuvné měřidlo.....	17
Obrázek 4: Mikrometrické měřidlo.....	18
Obrázek 5: Digitální mikrometrické měřidlo.....	18
Obrázek 6: Tříbodový mikrometr (dutinoměr) s etalonem.....	19
Obrázek 7: Souřadnicový měřicí stroj.....	20
Obrázek 8: Logo JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA, spol. s r. o.....	31
Obrázek 9: Těleso GR.....	35

Seznam tabulek

Tabulka 1: Kritéria GRR.....	27
Tabulka 2: Koeficienty pro výpočet opakovatelnosti.....	29
Tabulka 3: Koeficienty pro výpočet reprodukovatelnosti.....	29
Tabulka 4: Koeficienty pro výpočet variability dílu.....	29
Tabulka 5: Naměřené hodnoty získané ze SMS pro 55 H9.....	37
Tabulka 6: Naměřené hodnoty získané ze SMS pro 17 F8.....	38
Tabulka 7: Naměřené hodnoty ze SMS pro 55 H9.....	40
Tabulka 8: Vypočítané hodnoty z naměřených hodnot pro 55 H9.....	41
Tabulka 9: Naměřené hodnoty ze SMS pro 17 F8.....	41
Tabulka 10: Vypočítané hodnoty z naměřených hodnot pro 17 F8.....	42

Seznam použitých zkratk

CNC	Computer Numerical Control
GRR	Gauge Repeatability and Reproducibility
Mikrometry	Mikrometrická měřidla
MSA	Measurement System Analysis
PC	Počítač
QM	Quality management
SMS	Souřadnicový měřicí stroj
SPC	Statistical Process Control

Úvod

Je známo, že pokud chce být podnik úspěšný na trhu, musí nabízet zákazníkům kvalitní výrobky a spolehlivé služby. Management jakosti (dále jen QM) je nedílnou součástí struktury každého podniku. Hlavní činností oddělení kvality je rozpoznávání, měření a zlepšování různorodých procesů vedoucích ke zlepšení celkového výkonu firmy. Kvalita výrobků je závislá na kvalitních strojích a kvalitní práci. Opatření, která pomohou vyhnout se chybám, jsou levnější než náprava chyb. Proto k plnění požadavků na kvalitu a její zlepšování nestačí jen řešit vznikající problémy nebo odstraňovat chyby, ale je také důležité najít a odstranit původce těchto problémů. Důležitým činitelem pro zajištění kvality výroby je osobní zodpovědnost jednotlivých pracovníků. Každý pracovník odpovídá za jakost své práce. Vysoká zmetkovost zvyšuje náklady podniku a snižuje jeho výnosy. Proto by měl podnik učinit taková opatření, aby se této situaci vyhnul. Metodami statistické indukce lze zobecnit informace tak, aby pracovník nemusel kontrolovat všechny výrobky. Je možné, aby provedl závěr pro celý základní soubor na základě jednoho náhodného souboru.

Bakalářská práce se zabývá vlivem metod měření a kvality kontroly v procesu obrábění ve společnosti Jizerskohorská strojírna, spol. s r.o.. Práce je zaměřena na metody měření, které lze aplikovat na vybrané měřicí zařízení pro měření vybraného druhu obrobku. Pro tento účel budou využity metody měření pro kontrolu a sběr dat, které se využívají v Jizerskohorské strojárně. Využije se ten měřicí přístroj, který bude způsobilý a který bude poskytovat nejspolehlivější údaje, aby byly eliminovány všechny možné vlivy, které by narušily správnost měření, neboť v měření budou vždy existovat určité chyby.

První část práce je zaměřena na důležitost provádění kontrol, na různé typy měřících přístrojů a s nimi spojené chyby. Velký podíl v této části má analýza systému měření, ve které jsou uvedeny druhy metod měření a jejich využití.

V druhé části práce je představena společnost Jizerskohorská strojírna, spol. s r.o. a metody měření, které v současnosti využívá. Těmi se zjišťuje spolehlivost měřicí přístroje, ale neporovnává se přesnost měřidla, tudíž na každý vybraný měřicí přístroj je využita jiná metoda měření. Po vyhodnocení analýzy systému měření získáme výsledky, díky nimž můžeme vybrat nejspolehlivější měřicí přístroj, na němž provedeme měření pro

způsobilost stroje. V závěru práce byla navržena doporučení pro kvalitu kontroly pro zvýšení efektivity výrobní jednotky. Toto šetření by mělo pomoci podniku ke snížení zmetkovosti.

Cílem této analýzy je prokázat, že měřicí zařízení je schopné a vhodné pro měření sledovaného atributu kvality (signifikantní znak). Díky analýze lze identifikovat nedostatky již v počáteční fázi výrobního procesu a pomáhá zajistit plnění požadavků na jakost.

1 Řízení jakosti

Kvalita neboli jakost ovlivňuje spokojenost zákazníků, ale také ovlivňuje náklady vznikající během výroby. Kvalitě výrobků a služeb v podniku se věnuje management jakosti, který se zabývá požadavky zákazníků na jakost, kvalitou plánování, řízení a kontroly, kvalitou nakupovaných dílů a služeb a dokumentací kvality.

Jakost produktu musí být v souladu s požadavky zákazníka. Předpokládanými požadavky mohou být spolehlivost, funkčnost, soulad se zákony a předpisy z oblasti bezpečnosti, ochrany zdraví a životního prostředí, záruka, servis, krátké dodací lhůty a jejich dodržování, ale i nevyslovená očekávání týkající se vzhledu výrobku.

„Cílem řízení jakosti je splnění požadavků na jakost pomocí preventivních, kontrolních a korigujících činností, jakož i odstraňování příčin vad a tím zlepšení hospodárnosti snížením nákladů spojených se zmetkovitostí a reklamacemi vad.“ (Dillinger, 2007)

Dobrý plán kontrol není zárukou bezvadné výroby. Řízení jakosti je založeno na namátkových i 100% kontrolách v důležitých místech výrobního procesu. Pokud se liší naměřené hodnoty od požadovaných hodnot více, než umožňuje předepsaná tolerance, musí být přijata vhodná opatření, která zamezí opakování vad, a vadné díly musí být opraveny nebo vyřazeny.

K hlavních zdrojům příčin odchylek parametrů od stanovených hodnot patří lidský faktor, stroj, materiál, technologie a okolí. Pracovník nemusí být kvalifikovaný ani motivovaný, může být také unavený. Stroj může zapříčinit chyby tím, že není stabilní při obrábění tj. nedodrží dráhu nástroje, apod. Opatřením pro takovéto případy může být kontrola během výrobní operace nebo bezprostředně po dokončení, aby se včas vyřadily vadné díly. Výsledky kontrol musí být co nejrychleji zpracovány a vyhodnoceny, aby mohly být vadné díly vyřazeny nebo opraveny, případně byl seřízen výrobní stroj. (Dillinger, 2007)

Každý produkt má řadu parametrů, které společně popisují, jakou kvalitu uživatel nebo spotřebitel požaduje. Tyto parametry se často nazývají **signifikantní znaky**. Tyto znaky se mohou rozdělit na fyzikální (délka, hmotnost, napětí, viskozita), sensorické: chuť, vzhled, barva, časová orientace (spolehlivost, trvanlivost, provozuschopnost). Řízení jakosti je soubor operačních, manažerských a inženýrských činností, které společnost používá k zajištění toho, aby signifikantní znaky výrobku byly nominální nebo požadované

úrovně a že variabilita kolem těchto požadovaných úrovní je minimální. Například pokud odchylka v tloušťce čepele je malá, pak nemusí mít žádný dopad na zákazníka. Nicméně, pokud je variace velká, může zákazník vnímat jednotku jako nežádoucí a nepřijatelnou.

Zdrojem této variability jsou rozdíly v materiálech, rozdíly ve výkonu a provozu výrobního zařízení a rozdíly ve způsobu výroby, tedy jak operátoři plní své úkoly. Protože variabilita může být popsána pouze statisticky, hrají statistické metody velkou roli v úsilí o zlepšení kvality. Při aplikaci statistických metod na kvalitu je poměrně typické klasifikovat údaje o jakostních vlastnostech jako atributy nebo proměnné. Data proměnných jsou obvykle spojitá měření, jako je délka, napětí nebo viskozita. (Montgomery, 2009)

1.1 Plánování kontrol

Plány kontrol se mohou skládat z popisů jednotlivých postupů, které zahrnují pořadí zkoušek. Zkoušky začínají vstupními kontrolami materiálů a nakupovaných dílů. Dále se provádějí mezioperační kontroly ve výrobě a montáži a končí výstupními kontrolami hotových produktů. Plány popisují parametry jakosti, kontrolní zařízení, rozsah kontrol, metody kontrol, místa a časové zařazení kontrol, dokumentaci výsledků. U vstupní kontroly se kontrolují parametry nakupovaných materiálů a dílů, které jsou důležité pro funkčnost a jakost vyráběných produktů. V mezioperační kontrole se zjišťuje, zda nedochází k chybám během výroby. Výstupní kontroly testují vlastnosti požadované zákazníky, splnění technických podmínek a bezpečnostních předpisů. (Dillinger, 2007)

1.2 Druhy kontrol

Mezi základní druhy kontroly kvality výrobku ve strojírenské praxi po stránce rozměrové a tvarové nebo po stránce jakosti povrchu patří kontrola objektivní a subjektivní. Každá metoda má odlišné využití a přesnost měření.

Subjektivní kontrola je základní a nejméně přesnou kontrolou založenou na smyslových orgánech pracovníka. Kontrolující pracovník pomocí zraku nebo hmatu zjišťuje jakost povrchu, výšku otřepů a podobné nedostatky výrobku bez jakýchkoliv nástrojů pro měření.

Objektivní kontrola je založena na použití měřících prostředků, které jsou vyráběny v různých přesnostech a různém provedení. Jsou to porovnávací, mechanická a speciální měřidla. (Dillinger, 2007)

2 Nástroje pro měření

V této kapitole budou popsána měřidla, která pracovníci Jizerskohorské strojírný používají k měření vybraných obrobků, jejich základní vlastnosti. Dále bude stručně vysvětleno, jak zvolit vhodné měřidlo. Měření rozměrů obrobku rozděluje měřidla na porovnávací a mechanická. Inovací měření jsou souřadnicové měřicí stroje. (Bumbálek, 2009)

2.1 Porovnávací měřidla

Porovnávacími měřidly jsou kalibry a základní měřky. Práce s těmito měřidly spočívá v porovnání jejich přesného rozměru s rozměrem kontrolované části obrobku.

Kalibry jsou pevná měřidla používána k zjištění skutečného rozměru obrobku v tolerančním poli. Jsou konstruovány s dobrou a zmetkovou stranou, přičemž dobrá strana odpovídá ideálním rozměrům obrobku a zmetková strana má rozměry, které překračují toleranční pole.

Práce s tímto typem měřidla lze popsat tak, že dobrá strana měřidla by měla jít na daný rozměr kontrolovaného obrobku lehce nasunout, popřípadě našroubovat, zatímco zmetková strana by na tento rozměr měla jít nasadit maximálně na jeho okraj. Ve strojírenství jsou nejčastěji používány ke kontrole vnějších rozměrů kalibry třmenové a ke kontrole vnitřních rozměrů kalibry závitové a válečkové, které lze vidět na obrázku 1. (Bumbálek, 2009)



Obrázek 1: Válečkový kalibr

Zdroj: Vlastní fotografie pořízená v podniku.

Základní měřky představují svůj rozměr vzdáleností dvou rovnoběžných ploch. Jsou hranolového tvaru a jejich měřicí plochy jsou rovné a jemně lapované, což umožňuje jejich

spojení při přiložení dvou základních měrek přilnavostí k sobě. K požadovanému rozměru měrky lze docílit přiložením několika základních měrek k sobě. Rozměrově větší měrky leží vně a rozměrově menší měrky leží mezi nimi. Spojení měrek viz obrázek 2.

Kontrola rozměrů s použitím měrek se provádí přímo dotykem měřící plochy nebo s pomocí speciálního držáku. Měrky se hlavně používají jako etalony¹ délky za účelem nastavování a kontroly měřidel a kalibrů. (Bumbálek, 2009)



Obrázek 2: Koncové měrky

Zdroj: Vlastní fotografie pořízená v podniku.

2.2 Mechanická měřidla

Mezi mechanická měřidla patří posuvná měřidla, mikrometrická měřidla a číselníkové úchylkoměry. Tato měřidla umožňují zjistit přímo změřený kontrolovaný rozměr, jehož velikost se promítá na analogovém nebo digitálním ukazateli. Provedení těchto ukazatelů je formou noniusu², stupnicí s ručičkou nebo digitálním displejem (Bumbálek, 2009).

Posuvná měřidla jsou velmi jednoduchá a snadno ovladatelná měřidla délky. Používají se pro měření vnějších a vnitřních rozměrů, ale také hloubek. Klasické posuvné měřidlo se skládá z milimetrové stupnice, nonia, měřících ramen pro měření vnějších rozměrů, pomocných měřících ramen pro měření vnitřních rozměrů a hloubkoměru. Při měření těmito měřidly se naměřená hodnota přímo odečítá na milimetrové stupnici a pro zvýšení

¹Státní etalon délky zahrnuje několik primárních etalonů a dalších zařízení, které realizují definici základní jednotky SI.

² Nonius je zařízení k jemnějšímu odečítání délek, resp. vzájemné polohy dvou stupnic.

přesnosti naměřené hodnoty slouží nonius. Podle provedení nonia jsou tato měřidla schopna měřit s přesností 0,1 mm, 0,05 mm nebo 0,02 mm. Tato měřidla se vyrábějí i s kruhovým číselníkem, které nahradí funkci nonia. Jedna otáčka ručičky kruhového číselníku odpovídá jednomu milimetru na milimetrové stupnici.

Modernější variantou posuvného měřidla je **digitální posuvné měřidlo**, viz obrázek 3. Používá se velmi často díky svému pohodlnému odečítání naměřené hodnoty z digitálního displeje v číslicovém tvaru. Dokáže měřit na 0,01 mm. Výhodami tohoto měřidla je například zapamatování si naměřené hodnoty po odsunutí pohyblivého ramene měřících čelistí nebo nastavení nulového bodu v libovolném měřícím rozsahu stupnice. Také se dá připojit k vyhodnocovací jednotce, popřípadě k počítači (dále PC), kde je možnost naměřená data statisticky zpracovat za pomoci příslušných programů (Bumbálek, 2009).



Obrázek 3: *Digitální posuvné měřidlo*

Zdroj: Vlastní fotografie pořízená v podniku.

Mikrometrická měřidla (dále jen mikrometry), viz obrázek 4, jsou velmi často používané měřící nástroje, jsou konstruovány na měření vnějších i vnitřních rozměrů s přesností měření od 0,01 mm až do 0,001 mm. Otáčením mikrometrického šroubu dochází k zasouvání nebo vysouvání měřícího vřetene. Naměřená hodnota se ze stupnice odečítá velmi snadno. Na pouzdře se nachází milimetrová stupnice a na otočeném bubínku je stupnice nonia. Nonius má stupnici rozdělenou podle stoupání mikrometrického šroubu, který bývá 0,5 mm na otáčku bubínku. Na přesnost měření mikrometru má vliv stav povrchů měřících doteků, stav mikrometrického šroubu a jeho závitu a síla přitlaku měřící plochy k měřené ploše. (Bumbálek, 2009)



Obrázek 4: Mikrometrické měřidlo

Zdroj: Vlastní fotografie pořízená v podniku.

Modernějším provedení je digitální mikrometr, viz obrázek 5. Naměřená hodnota se odečítá přímo z digitálního displeje a svojí technologií umožňuje posunutí nulového bodu na libovolné místo měřícího rozsahu, uložení a zapamatování si naměřené hodnoty i po odsunutí vřetene. Pro měření vnitřních rozměrů jsou speciální mikrometry děleny podle počtu doteků na dvojbodové a tříbodové. (Bumbálek, 2009)



Obrázek 5: Digitální mikrometrické měřidlo

Zdroj: Vlastní fotografie pořízená v podniku.

Dvojbodové mikrometry jsou určeny pro měření otvorů o větších rozměrech. Toto měřidlo se vkládá do dutiny otvoru. Pevný doraz měřidla se opře o jednu stranu měřeného otvoru a otáčením válcového budíku se za pomoci mikrometrického šroubu posunuje druhý měřící dotek, který se opře o protilehlou stěnu otvoru.

Tříbodový mikrometr, viz obrázek 6, je používán pro měření menších otvorů. Vysouvání tři měřících doteků, které jsou vzájemně posunuty o 120° . (Bumbálek, 2009)



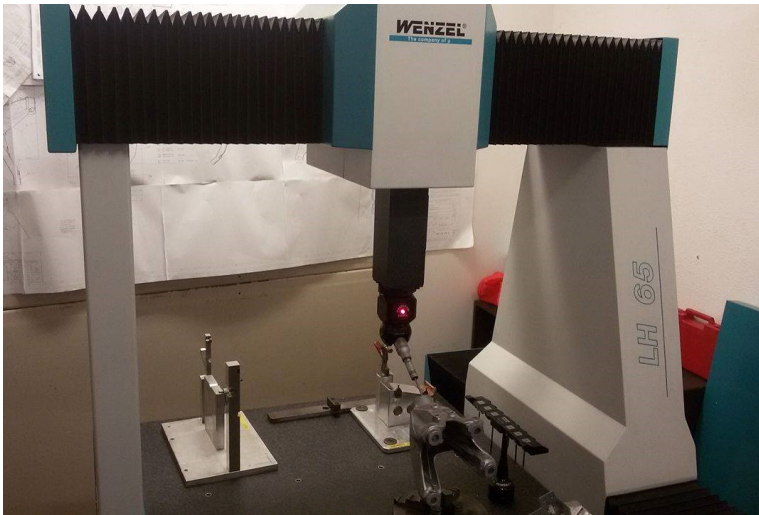
Obrázek 6: Tříbodový mikrometr (dutinoměr) s etalonem

Zdroj: Vlastní fotografie pořízená v podniku.

2.3 Souřadnicové měřicí stroje - SMS

Tyto stroje se začaly vyrábět z důvodu potřeby měření karosérií v automobilovém a leteckém průmyslu. Je to zařízení pro měření geometrických vlastností různě tvarovaných objektů. Práce SMS spočívá ve stanovení základního bodu v prostoru, od kterého se měří formou souřadnicových rozměrů polohy dalších bodů naměřené v osách X, Y, Z. Pro zjištění polohy dalších bodů slouží sonda, která je řízena buď ručně nebo automaticky prostřednictvím počítače. SMS zjišťují geometrii měřených objektů určením prostorových souřadnic několika měřících bodů. Z těchto souřadnic se potom v připojeném vyhodnocovacím zařízení určí geometrie objektu. Před každým měřením je nutné definovat uživatelský souřadnicový systém, který se vztahuje na měřený objekt.

Proces měření pomocí SMS se skládá ze tří kroků. V prvním kroku jde o definici bodů v prostoru. Vybere se způsob měření a měřící prostředky, stanovuje se průběh měření za účelem nejpřesnějšího a nejvýhodnějšího měření. V druhém kroku jde o měření polohy bodů v prostoru. Měřený obrobek se správně uloží a nastaví se na měřicí stůl zařízení. Poté je realizován měřicí proces a nakonec dochází k ukládání souřadnic bodů v prostoru. V posledním kroku jde o vyhodnocení naměřených hodnot a k využití získaných informací. (Bumbálek, 2009)



Obrázek 7: Souřadnicový měřicí stroj

Zdroj: Vlastní fotografie pořízená v podniku.

2.4 Volba měřidla

Volba vhodného měřidla, které bude způsobilé k požadovanému měření, se řídí požadovanou přesností neboli tolerancí měřené veličiny a podmínkami měření. Počet různých kontrolorů, coby možných zdrojů chyb, ovlivňuje volbu měřidla a postupu měření. Měření by tak mělo být nezávislé na střídání obsluhy ve směnném provozu. Měřidlo se považuje za vhodné, nepřesahuje-li mez jeho chyby 10 % přípustné tolerance měřené veličiny. Přesnost měřidla proto musí být alespoň o řád lepší než tolerance výrobku. Při nedostatečně přesném měření mohou být vlivem chyby považovány některé vyhovující výrobky za nevyhovující, nebo naopak. Rozsah naměřených hodnot, který s velkou pravděpodobností zaručuje, že změřený výrobek je vyhovující, je tím větší, čím menší je mezní chyba měření.

Vhodnost měřidla pro určitý typ kontroly se posuzuje především podle jeho přesnosti, kterou udává výrobce. Měřidla a měřicí přístroje pro kontrolu výroby se volí tak, aby jejich mezní chyba byla alespoň o řád menší než tolerance měřených výrobků. Pak mohou být naměřené údaje považovány s velkou jistotou za skutečné hodnoty. (Dillinger, 2007)

3 Chyby při měření

Chyby při měření vznikají vlivem mnoha rušivých faktorů. Mezi hlavní příčiny vzniku chyb při měření jsou například nepřesnost měřících přístrojů, nespolehlivost lidských smyslů, použití špatné metody měření nebo okolní vlivy prostředí působící na měření.

Hrubé chyby jsou odlehle hodnoty, které jsou způsobeny ojedinělou příčinou, náhlým selháním měřidla, nesprávným záznamem výsledku. Dané měření se výrazně liší od ostatních.

Náhodné chyby jsou chyby, které kolísají při opakování měření náhodně co do velikosti i znaménka, jsou nepředvídatelné a popsány určitým pravděpodobnostním rozdělením. Jsou výsledkem vlivu řady příčin, které lze alespoň omezit. Tyto chyby způsobují rozptyl naměřených hodnot. Meze rozptylu se stanovují statisticky z rozsáhlého počtu měření opakovaných za stejných podmínek.

Systematické chyby působí na výsledek předvídatelně. Bývají funkcí času nebo parametru měřícího procesu. Navenek se neprojevují, ale lze je odhalit při porovnávání s výsledky z jiného přístroje. Tyto chyby lze určit pomocí přesného srovnávacího měřícího přístroje, pomocí kalibrů nebo základních měrek. Systematická chyba měření jednotlivé skutečné hodnoty je rozdíl mezi změřenou hodnotou a správnou neboli skutečnou hodnotou. Chyba měření nesmí v celém rozsahu překročit povolenou hranici. Kontrola dodržení povolených mezí pro odchylky se provádí pomocí základních měrek toleranční třídy 1 podle ČSN EN ISO 3650.

Následkem chyb měření může dojít k vadám výrobku. Mohou to být kritické vady, které činí výrobek nebezpečným pro zdraví a majetek uživatele, dále to mohou být vady podstatné, které činí výrobek nepoužitelným k určenému účelu a nepodstatné vady, které nebrání užívání výrobku v plném rozsahu. (Dillinger, 2007)

3.1 Zásady měření za stejných podmínek

Měří se opakovaně stejná veličina, a to opakovaně na stejném výrobku. Během opakovaných měření se nesmí měnit měřící postup, směr náběhu k měřené hodnotě, obsluha měřícího systému a okolní podmínky. Malý rozptyl výsledků měření svědčí o příkladném postupu měření. Rozptyl způsobený náhodnými chybami lze odhadnout

vyhodnocením mnoha opakovaných měření. (Dillinger, 2007)

3.2 Tolerance

S obrobkem přichází i dokumentace s požadovanou tolerancí rozměrů. Tato tolerance se vztahuje jak k délkovým rozměrům, tak i k tvaru nebo hladkosti obrobku. Hlavním účelem tolerance rozměrů je zajistit správné opracování obrobku. U obrobků, u kterých není na výkresu předepsaná tolerance, musí mít přesnost stanovenou třídou přesnosti a rozpětím hodnot podle ČSN ISO 2768-1. (Dillinger, 2007)

4 Analýza systému měření

Analýza systému měření z anglického překladu Measurement System Analysis (MSA) je analytický postup pro posouzení systému měření, které vydává skupina³ pro automobilový průmysl. Využívá se u velkosériových výroben, aby byla zajištěna co nejvyšší efektivita celého výrobního procesu. MSA je třeba věnovat patřičnou pozornost, neboť získané údaje jsou základním ukazatelem při rozhodování. MSA lze použít u výrobních procesů, které na výstupu dávají data (hodnoty). (Plura, 2011)

MSA se využívá ve vztahu se zjišťováním stavu výroby. Cílem je posoudit kvalitu získaných naměřených hodnot tak, že prozradí, nakolik je systém měření schopen poskytnout opakovaně stejné a správné výsledky a to bez ohledu na pracovníka, měřidlo nebo postup. Nejpoužívanější metodou MSA je metoda opakovatelnosti a reprodukovatelnosti z anglického překladu Repeatability a Reproducibility (R&R). Tato metoda se dá využít jak pro hodnocení měřidla, tak i pro posouzení celého měřicího systému. Posuzuje také vlivy jiných faktorů než jen vliv měřidla. (Motyčka, 2013)

Jak uvádí Down, přínos analýzy systému měření je závislý na vysoké kvalitě použitých naměřených dat. Ta se získají, pokud bude využit systém měření, který pracuje za stabilních podmínek a naměřené hodnoty jsou blízké skutečným hodnotám. MSA zkoumá několik základních charakteristik měřicího systému. Tyto charakteristiky vystihují variabilitu polohy naměřených dat. Mezi tyto charakteristiky patří strannost, stabilita, linearita, opakovatelnost a reprodukovatelnost, které využívají metodu rozpětí, metodu průměru a rozpětí nebo analýzu rozptylu. Je dobré zmínit také nejistotu měření, což je parametr připojený k výsledku měření a charakterizuje rozsah hodnot kolem očekávané pravé hodnoty⁴ měření (pravá hodnota = výsledek měření \pm nejistota měření). (Down, 2011)

4.1 Zdroje variability systému měření

Sběr poznatků o tom, co proces dělá, se provádí na základě hodnocení parametrů nebo výsledků procesu. Touto činností je kontrola, která je v podstatě vyšetřováním parametrů

3 Pracovní skupina pro analýzu systémů měření, schválená pracovním týmem pro stanovení požadavků na kvalitu dodavatelů společností Chrysler Group LLC, Ford Motor Company a General Motors Corporation.

4 Pravá hodnota je skutečná hodnota artefaktu. Je neznámá a nepoznatelná.

procesu, rozpracovávaných dílů, smontovaných subsystémů nebo dokončených produktů za pomoci vhodných etalonů a měřicího přístroj. Umožňuje potvrdit, nebo odmítnout předpoklad, že proces pracuje stabilizovaným způsobem, s přijatelnou variabilitou a v souladu s cílovou hodnotou, která je určena. (Down, 2011)

Ideální systém měření by při každém použití produkoval pouze přesná měření. To by znamenalo, že každá naměřená hodnota by odpovídala hodnotě etalonu. Takový systém se vyznačuje statistickými vlastnostmi jako je nulový rozptyl, nestrannost a nulová pravděpodobnost nesprávné klasifikace libovolného produktu, u něhož se provádělo měření. Systém s takovými žádoucími statistickými vlastnostmi existuje zřídka. Kvalitu systému měření však určují statistické vlastnosti získaných dat. (Down, 2011)

Mezi základní vlastnosti, které definují správný systém měření, patří následující:

1. **Odpovídající práh citlivosti a citlivost.** Pro účel měření by měly být přírůstky míry vzhledem k variabilitě procesu nebo mezním hodnotám specifikace malé. Pravidlo deseti říká, že práh citlivosti přístroje by měl rozdělit toleranci na deset nebo více částí. Záměrem této praktické zásady je zajistit minimální výchozí bod pro volbu měřidla.
2. **Systém měření by měl být ve statisticky stabilním stavu.** Při opakovatelných podmínkách je variabilita systému měření způsobena pouze náhodnými příčinami. Tuto statistickou stabilitu lze nejlépe vyhodnotit graficky.
3. V případě řízení produktu musí být **variabilita systému měření** v porovnání s mezními hodnotami specifikací **nízká**.
4. V případě regulace procesu by **variabilita systému měření měla prokazovat efektivní rozlišitelnost a být malá v porovnání s variabilitou výrobního procesu.** (Down, 2011)

Obdobně jako je tomu u ostatních procesů, je systém měření ovlivněn jak náhodnými, tak systematickými zdroji variability. Pro řízení variability systému měření se identifikují možné zdroje variability. Následně se zdroje variability eliminují kdykoli je to možné nebo se sledují zdroje proměnné. Ačkoli je velmi obtížné vymezit příčiny, lze konkretizovat typické zdroje variability. Pro vyjádření základních prvků obecného systému měření se využívá akronym S.W.I.P.E., kde jednotlivá písmena znamenají: S – Standart (etalon),

W – Workpiece (obrobek), I – Instrument (přístroj), P – Person (pracovník),
E – Enviroment (prostředí). (Down, 2011)

V příloze A lze vidět diagram příčin a následků, který uvádí možné zdroje variability.

4.2 Indexy způsobilosti C_g , C_{gk}

Jednou z metod posuzování způsobilosti je stanovení schopnosti měřicího přístroje pomocí indexů způsobilosti C_g a C_{gk} . Tyto indexy vyhodnocují měřicí přístroj z hlediska opakovatelnosti. Ta představuje rozdíl mezi přijatou referenční hodnotou a střední hodnotou výsledků experimentů. Měření opakovatelnosti představuje blízkost shody mezi výsledky průběžných měření prováděných za stejných podmínek měření.

Tento postup stanovení způsobilosti se používá u měřících přístrojů, při nichž nedochází k ovlivnění výsledků měření. Vychází z opakovaného měření vybrané velikosti výrobku, řídicí normy, jejíž jmenovitá hodnota leží ve středu tolerance měřeného parametru. Měření provádí jedna osoba s jedním měřením a stejným postupem v relativně krátkém časovém intervalu, přičemž se doporučuje provést 50 (nejméně 25) opakovaných měření. Při měření je nutné zajistit stejné podmínky. Předpokládá se, že výsledky měření jsou řízeny normálním rozdělením. (Andrejiová, 2014)

Výpočet indexů způsobilosti C_g

Varianta podle firmy Bosch uvažuje o pásmu 20 % šíře pole specifikace. Pokud hodnota C_g je 1,33 a více, pak je měřidlo způsobilé. Výpočet indexu C_g (index opakovatelnosti) sledovaného měřicího přístroje je stanoven vztahem

$$C_g = 0,2 \frac{S_p}{S_g},$$

nebo výpočet vztažený k šíři pole specifikace T ,

$$C_g = 0,2 \frac{T}{6S_g}, \quad (1)$$

kde s_p je směrodatná odchylka procesu a s_g směrodatná odchylka naměřených hodnot.

Firma Ford uvádí svoji variantu, kde bere v úvahu šíři pásma 15 % a měřicí prostředky jsou způsobilé, pokud jsou hodnoty C_g větší než 1.

$$C_g = 0,15 \frac{s_p}{s_g} \quad \text{a} \quad C_g = 0,15 \frac{T}{6s_g}.$$

Společnost Jizerskohorská strojírna používá pro výpočet ukazatelů způsobilosti variantu firmy Bosch.

Výpočet indexů způsobilosti C_{gk}

Používá způsob vztažený k rozptylu procesu nebo k šíři pole. Měřidla jsou způsobilá pokud C_{gk} je větší než 1.

$$C_{gk} = \frac{0,1.T - |\bar{x}_g - x_m|}{3.s_g} \quad (2)$$

kde x_g je průměr a x_m je naměřená hodnota,

Index způsobilosti C_g bere v potaz pouze opakovatelnost měření, index C_{gk} také strannost měření. Indexy porovnávají podíl šířky tolerančního pole s šířkou pásma variability naměřených hodnot., přičemž platí vztah $C_{gk} \leq C_g$. Pokud je hodnota způsobilosti C_{gk} vyšší než C_{gmin} , systém měření je způsobilý. (Down, 2011)

Pro výpočty ukazatelů způsobilosti je potřeba vypočítat aritmetický průměr naměřených hodnot dle vztahu

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

kde x_i jsou naměřené hodnoty a n je počet měření, a odhad jejich směrodatné odchylky dle vztahu

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2} \quad (4)$$

(Anděl, 2007)

4.3 Metoda R&R

Metoda využívána pro ověření přesnosti, zda je měřidlo co do přesnosti vhodně zvoleno. Je-li proměnlivost měření malá ve srovnání s proměnlivostí experimentálního procesu, pak je postup měření adekvátní nebo odpovídající. Pokud není, je potřeba techniku měření zlepšit tak, aby mohla uspokojivě monitorovat experimentální proces. Například, je-li míra opracovaného výrobku v toleranci mm, nelze použít měřidlo, které má čtení jenom v cm. (Meloun, 2012)

Pro výpočet ukazatelů opakovatelnosti a reprodukovatelnosti se využívá metoda založená na rozpětí, metoda založená na průměru a rozpětí a metoda analýzy rozptylu. To, jestli je variabilita systému měření v případě opakovatelnosti a reprodukovatelnosti GRR přijatelná, se stanoví podle vypočtené procentní hodnoty GRR a následně se tato hodnota porovná s tabulkou 1: *Kritéria GRR* na následující straně a vyvodí se z ní doporučené řešení. (Down, 2011)

Tabulka 1: *Kritéria GRR*

% GRR	Rozhodnutí	Komentář
0 – 10 %	Přijatelný systém měření	Doporučuje se.
10 – 30 %	Omezeně použitelný systém měření	Vyhovuje pro méně důležité znaky. Nutné systém měření prověřit a odstranit nedostatky.
30 – 100 %	Nepřijatelný systém měření	Nevyhovující stav. Je nutné prověřit a odstranit nedostatky.

Zdroj: Down (2011, s. 78)

4.3.1 Metoda průměru a rozpětí

Je to metoda založená na průměru a rozpětí. Na rozdíl od metody rozpětí poskytuje tato metoda mnohem více informací a lze pomocí ní rozložit variabilitu systému měření na dvě samostatné složky (reprodukovatelnost a opakovatelnost). Tato metoda však nedokáže vyjádřit vzájemné působení těchto dvou složek. Vyhodnocuje se pomocí diagramu pro

průměr a rozpětí a pomocí numerických výsledků variabilitou zařízení, operátora a systému řízení. Při této metodě se využívá 3 kontrolory, 3 měření u 10 kusů. (ústní sdělení)

Opakovatelnost (EV) se stanoví vynásobením průměru všech R s konstantou K_1 , která je závislá na počtu opakování měření. Viz tabulka 2: *Koeficienty pro výpočet opakovatelnosti*, strana 30.

$$EV = K_1 \bar{R} \quad (5)$$

Reprodukovatelnost (AV) je ovlivněna variabilitou zařízení EV, proto se musí odečíst podíl variability zařízení

$$AV = \sqrt{(R_k K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{gm}} \quad (6)$$

kde K_2 je konstanta závislá na počtu opakování měření m a lze je vyhledat v tabulce 3: *Koeficienty pro výpočet reprodukovatelnosti*, na straně 30.

Pokud nastane situace, kde hodnoty pod odmocninou nabudou záporné hodnoty, je variabilita operátora rovna nule.

Opakovatelnost a reprodukovatelnost (GRR) se stanoví dle vztahu

$$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2} \quad (7)$$

Variabilita dílu (Part Variation – PV) se stanoví dle vztahu

$$PV = R_i K_3 \quad (8)$$

kde K_3 je konstanta závislá na počtu dílů dle tabulky 4: *Koeficienty pro výpočet variability dílu* na straně 31.

Celková variabilita (Total Variation – TV)

$$TV = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (PV)^2} \quad (9)$$

Všechny uvedené variability se dají vyjádřit v % (Down,2011)

$$\%EV = 100 \left(\frac{EV}{TV} \right) \quad (10)$$

$$\%AV = 100 \left(\frac{AV}{TV} \right) \quad (11)$$

$$\%GRR = 100 \left(\frac{GRR}{TV} \right) \quad (12)$$

$$\%PV = 100 \left(\frac{PV}{TV} \right) \quad (13)$$

Tabulka 2: Koeficienty pro výpočet opakovatelnosti

Měření	K1
2	0,8862
3	0,5908

Zdroj: Down (2011, s. 119)

Tabulka 3: Koeficienty pro výpočet reprodukovatelnosti

Operátoři	K2
2	0,7071
3	0,5231

Zdroj:Down (2011, s. 119)

Tabulka 4: Koeficienty pro výpočet variability dílu

Díly	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K3	0,7071	0,5231	0,4467	0,403	0,3742	0,3534	0,3375	0,3249	0,3146

Zdroj: Down (2011, s. 119)

Strannost

Je rozdílem mezi přijatou referenční hodnotou a střední hodnotou výsledku zkoušek.

Strannost je míra systematické chyby. Pro kvalifikaci strannosti je třeba získat pravou hodnotu znaku, která se získá zpravidla pomocí etalonu. Jestliže je strannost výsledku měření příliš velká, je nutno prověřit potencionální příčiny. Může to být chyba etalonu, opotřebením měřidla, měřidlo není vyrobeno pro daný rozměr, nesprávná kalibrace, vliv operátora nebo vliv prostředí.

Opakovatelnost

Zdrojem neopakovatelnosti bývá měřidlo a variabilita polohy měřeného objektu v měřidle. To nejvíce ovlivňuje velikost rozpětí výsledků opakovaných měření za stejných podmínek. Opakovatelnost se kvantifikuje pomocí parametru rozptylu výsledků měření. V případě velkého rozptylu je nutno provést rozbor příčin a jejich následné odstranění.

Reprodukovatelnost

Při hodnocení jakosti měřidla se reprodukovatelnost hodnotí z hlediska variability výsledků měření způsobené operátory. Z tohoto hlediska lze na reprodukovatelnost pohlížet jako na strannost, která je spojena s každým operátorem.

Stálost

Znalost stálosti pomáhá předvídat chování měřidla v budoucnosti. Měřidlo musí být odolné proti všem vlivům, které způsobují nestabilitu, jako jsou teplotní změny, opotřebením, koroze. Eliminace těchto vlivů je složitý problém a je těžké kontrolovat všechny vlivy současně.

Linearita

Analyzuje se na základě výběru hodnot v celém rozsahu měřidla. Zjišťuje se na základě porovnání hodnot průměrů výsledků měření jednotlivých kusů s pravou hodnotou. Pokud je měřidlo nelineární, je to zapříčiněno například tím, že měřidlo není kalibrováno pro celý rozsah, chybou ve vzorových kusech nebo opotřebením měřidla. (Pernikář, 2006)

5 JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA, spol. s r. o.

Podnik JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA, spol. s r. o. byl zapsán do obchodního rejstříku dne 15. prosince 1993, se sídlem č.p. 395, 463 62 Bílý Potok. Podnik je veden u Krajského soudu v Ústí nad Labem. Základní kapitál činí 705 000,- Kč. Předmětem podnikání je kovoobráběčství, zámečnictví, nástrojářství, vodoinstalatérství, topenářství, a výroby, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 Živnostenského zákona, činnost účetních poradců, vedení účetnictví a vedení daňové evidence. Logo podniku viz obrázek 8.



Obrázek 8: Logo JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA, spol. s r. o.

Zdroj: interní dokumentace společnosti

Strojírenský podnik v severním podhůří Jizerských hor s dlouholetou tradicí byl založen roku 1994. Jeho krédem je přesnost a preciznost provedení výrobků. Provádí kusovou výrobu nástrojů, náradí, přípravků a strojních součástí, sériové obrábění, soustružení, frézování, vrtání a broušení dílů. V současnosti jsou jejich klienty firmy KAMAX Turnov, KNORR-BREMSE Liberec, DGS Liberec, ŠKODA AUTO Mladá Boleslav, TRW Frýdlant, DENSO Liberec a Continental Zvolen. Firma obdržela roku 2003 certifikát ISO 9001:2008, a řízení celého výrobního procesu probíhá ve shodě s požadavky této systémové normy. Roku 2008 strojírna navázala spolupráci se slévárnou DGS, a tím se začala rozvíjet také sériová výroba většího objemu. V roce 2012 firma nakoupila první technologie se zaměřením na obrábění a následné měření sériově vyráběných dílů a v roce 2014 nakoupila firma měřicí přístroj ve 3D a měřicí přístroj ve 2D, vytvořila pracoviště zkoušení a odjehlení, rozšířila výrobu o další CNC soustruhy a obráběcí centra. Firma usiluje o soustavnou modernizaci vybavení, profesní rozvoj zaměstnanců a zlepšování pracovních podmínek. Vlastním výzkumem a vývojem rozšiřuje technické možnosti výrobků. Snaží se tak o maximální spokojenost zákazníků. Strategiemi firmy jsou odbornost, profesionalita, respekt a loajalita k zákazníkovi, komplexní poskytování služeb,

důmyslnost, flexibilita, kreativita při přípravě a procesu výroby každé zakázky, respekt k zaměstnancům a úcta k životnímu prostředí.

V oddělení výroby se nachází 7 CNC strojů, 1 revolverový soustruh, 1 elektrozivní drátová řezačka, 1 vyvrtávačka startovacích otvorů, brusky a frézy. Technickým vybavením oddělení kvality je portálový měřicí stroj, digitální výškoměr, pracovní stanice se značícím vláknovým laserem a kombinovaný profiloměr s drsnoměrem. (Jizerskohorská strojírna, 2017)

5.1 CNC stroje

Číslicovým řízením (dále jen CNC) rozumíme činnost číslicového počítače pro řízení pohybu nástroje nebo obrobku definovanou rychlostí po dané trajektorii v prostoru nebo rovině. Jde konkrétně o řízení procesu obrábění i pomocí funkcí na základě číselných údajů a příkazů. Potřebné informace pro obrábění součástí jsou zaznamenávány ve formě numerických znaků. Nezbytné informace určující rozměry součástí, informace charakterizující různé funkce, například posuv nebo počet otáček a pomocné informace jako zapínání chladicí kapaliny. CNC obráběcí stroj je numericky řízen a konstrukčně uzpůsoben tak, aby pracoval v automatickém cyklu a měl automatickou výměnu nástrojů. CNC stroj má 6 hlavních pracovních celků. Jsou to polohování nástroje, vřetení s vřeteníkem, zásobník a výměník nástrojů, zásobník obrobků, přívody média a ochranné kryty. Při převzetí většiny řídicích operací u CNC stroje řídicím systémem, dochází k jisté míře eliminace chybovosti operátora stroje. (Marek, 2010)

5.1.1 Způsobilost procesu

K posuzování způsobilosti procesu se využívají indexy způsobilosti. Indexy způsobilosti porovnávají předepsanou maximálně přípustnou variabilitu hodnot danou tolerančními mezemi se skutečnou variabilitou sledovaného znaku jakosti. Pro posuzování způsobilosti procesu na základě měřitelných znaků lze postupovat následovně.

1. Zvolení znaku jakosti – Způsobilost procesu se hodnotí k přesnému znaku jakosti obrobku, který je výsledkem posuzovaného procesu. Daný znak jakosti může vycházet z požadavků zákazníka nebo je rozhodný z hlediska vlastnosti obrobku.

2. Analýza systému měření – Analýzu je vhodné provést před shromažďováním údajů, aby nevyhovující systém měření nemohl vést k nesprávným výsledkům hodnocení

způsobilosti procesu.

3. Shromažďování údajů – Údaje o daném znaku jakosti se získají z probíhajícího procesu v průběhu dostatečně dlouhého období, ve kterém by se měly projevit všechny běžné zdroje variability. Z procesu se odebírá určitý počet po sobě vyrobených obrobků a zjistí se hodnoty sledovaného znaku jakosti.

4. Posouzení statistické stability stavu – Pro hodnocení způsobilosti by měla variabilita procesu sledovaného znaku jakosti být vyvolána pouze působením náhodných příčin. Pokud není proces statisticky stabilní, lze ho postupnou identifikací, analýzou a odstraňováním vymezených příčin dostat do stavu zvládnutého.

5. Výpočet indexů a jejich porovnání s požadovanými hodnotami – Indexy C_p a C_{pk} se využívají k posuzování potenciální a skutečné schopnosti procesu poskytovat obrobky vyhovující tolerančním mezím. Také se využívají indexy C_{pm} a C_{pmk} , které posuzují schopnost procesu dosahovat u obrobků cílové hodnoty sledovaného znaku jakosti. (Gryn, 2006)

5.1.2 Indexy způsobilosti procesu

Index způsobilosti C_p

Index způsobilosti C_p je potencionální mírou schopnosti procesu zajistit, aby sledovaný znak jakosti ležel uvnitř tolerančních mezí. C_p je poměr mezi maximálně možnou variabilitou a skutečnou variabilitou procesu. (Gryn, 2006)

$C_p > 1$ – výsledek procesu se nachází v tolerančním intervalu a proces je způsobilý

$C_p < 1$ – proces není způsobilý

$C_p =$ dosahovaná přesnost je rovna požadovanému

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6s} \quad (14)$$

kde USL je horní toleranční mez, LSL je dolní toleranční mez, s je směrodatná odchylka uvnitř podskupin.

Index způsobilosti C_{pk}

Index C_{pk} vystihuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze.

Hodnota C_{pk} vyjadřuje poměr vzdálenosti střední hodnoty sledovaného znaku jakosti od bližší toleranční meze k polovině skutečné variability hodnot. Index C_{pk} nemůže být nikdy větší než C_p . Pokud bude proces ležet mimo regulační meze, může být index C_{pk} i záporný. (Gryn, 2006)

$C_{pk} > 1$ – proces je způsobilý

$C_{pk} < 1$ – proces není způsobilý

Proces se považuje za způsobilý, když hodnota indexů způsobilosti dosahuje minimálně hodnoty 1,33 ($C_p \geq 1,33$, $C_{pk} \geq 1,33$)

$$C_{pk} = \frac{\min(USL - \bar{x}; \bar{x} - LSL)}{3s} \quad (15)$$

kde \bar{x} je střední hodnota sledovaného znaku. (Gryn, 2006)

Indexy způsobilosti C_{pm} a C_{pmk}

Vyjadřují způsobilost stroje, jak se stroj chová dle nastavených parametrů v průběhu procesu. Index C_{pm} porovnává maximálně přípustnou variabilitu sledovaného znaku jakosti danou šířkou tolerančního pole s jeho skutečnou variabilitou kolem cílové hodnoty T. C_{pm} se používá, pokud cílová hodnota leží ve středu tolerančního pole.

Index C_{pmk} porovnává vzdálenost střední hodnoty sledovaného znaku jakosti k bližší toleranční mezi s polovinou variability znaku kolem cílové hodnoty. (Gryn, 2006)

5.2 Návštěva v podniku

První návštěva byla domluvena telefonicky mezi autorkou práce a asistentkou ředitele. Při návštěvě byla umožněna prohlídka celého objektu, průvodcem byl vedoucí výroby, který autorce dovolil pohovořit si se zaměstnanci. Po rozhovorech s pracovníky obsluhujícími obráběcí stroje na téma zmetkovost, kontrola obrobků a seřizování obráběcích CNC strojů (témata na sebe navazují, což se prokáže při analýze) se autorka dozvěděla, že je pouze na pracovnících, jestli budou během své směny kontrolovat obrobené kusy každou půl hodinu, hodinu nebo na začátku a konci své směny. Pracovník by měl kontrolovat objektivně, za použití měřících prostředků, které jsou mu dodány. Pokud pracovník provádí pouze subjektivní kontrolu, je to nejméně přesná kontrola. Pouhým hmatem nelze vyhodnotit jemnost povrchu a zrakem šířku vrtu. Pokud se najde špatně obrobený kus,

znamená to, že nastala chyba buď na straně pracovníka nebo na straně stroje. Chybou na straně pracovníka může být špatně upevněný kus do obráběcí jednotky. Na straně stroje může být špatné seřízení. **Otázkou je, jak důležitý je výběr měřícího přístroje a metody měření při kontrole obrobku.**

Po definování problému a cíle se autorka dohodla s manažerem kvality, že poskytne potřebné informace a jestli bude možné za jeho asistence provést sběr potřebných dat k analýze. Dohoda zněla, že analýza bude provedena na obrocích typu GR, které slouží v nákladních automobilech jako zařízení pro snadnější řazení rychlostních stupňů. Na obrázku č. 9 je zobrazena fotografie tělesa GR společně. Celý výkres obrobku v Příloze B.



Obrázek 9: Těleso GR

Zdroj: Vlastní fotografie pořízená v podniku.

5.3 Postup měření

Před každou analýzou je třeba provést plánování a přípravu. Je potřeba naplánovat přístup, který se bude používat. Určí se vliv operátora na používání přístroje pomocí pozorování, technického posouzení nebo ze studie měřidla. Dále se určí počet operátorů a počet dílů, které se budou měřit. Je nutné brát v úvahu všelijaké faktory, které mohou celou analýzu zkreslit.

Měli bychom zvolit operátory, kteří běžně obsluhují přístroj. Pro správnou analýzu je důležitá volba dílů a závisí na návrhu MSA, dostupnosti dílů ve výběru a účelu systému měření. Pro správnou identifikaci je důležité všechny vzorky označit či očíslovat. A nejpodstatnější krok je dodržování správného postupu měření. Po zvolení typu měření se vybere vhodný typ měřidla. Pro měření tělesa GR se nabízí měření kalibrem, dutinoměrem a kontrolním SMS.

Vybranému pracovníkovi byl zadán úkol, aby během své směny hotové obrobky typu GR očísloval a uložil. GR tělesa jsou obráběna po čtyřech kusech naráz. Pracovník vybíral jen ty z pozice tři. Nakonec uložil celkem 50 kusů obrobků, z toho vyplývá, že za svou směnu (8 h) vyrobil 200 kusů GR. Sada 4 GR se obrábí přibližně 2,4 minuty. Poznamenejme, že podnik vyrábí cca 90 000 kusů GR těles za rok. Dále měl pracovník vyrobit dva obrobky s většími rozměry GR tělesa (ozn. 55 H9 a 17 F8).

Měření kalibrem

Měření kalibrem probíhá tak, že se vybere 20 dílů, 2 pracovníci a 1 zadavatel měření. Toto měření se nazývá studie srovnávacího měřidla. Pro tuto studii je tedy vybráno 20 dílů, kde jen zadavatel ví jejich označení. Zadavatel pro tuto studii mezi díly zařadí 2 díly, které budou špatně obrobené, tzv. bude překročena jejich tolerance. Do těchto dvou dílů by měla zapadnout červená (větší) strana kalibru.

Při měření s kalibrem nastávají chyby způsobené lidským faktorem, například nesoustředěnost, nezkušenost práce s kalibrem. Kalibr však vypoví jen to, jestli je dutina správně velká, ale z měření kalibrem nedostaneme žádné výstupní numerické hodnoty. Pomocí protokolu pro studii srovnávacího měřidla (Přílohy C, D) bylo zjištěno, že **měřidlo (kalibr) vyhovuje**, ale jak již bylo zmíněno, toto měření nevykazuje žádné numerické hodnoty.

Měření dutinoměrem

Práce s dutinoměrem je snadnější v lehkosti měřidla a v digitálním vyčíslení hodnot. Zpočátku si nastavíme dutinoměr podle přiloženého etalonu, dutina 17 F8 má velikost průměru 17,00 mm a větší dutina 55 H9 má průměr 55,00 mm, posléze můžeme začít měřit dutiny. Jsou tu pak přípustné meze, neboli tolerance u dutiny 17 F8 je to dolní mez +0,016 a horní mez +0,043 mm a u 55 H9 je daná horní mez +0,074 mm. To jsou významné znaky zaznamenané na nákresu. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v protokolu Measurement Unit Analysis (Příloha E). Pro tuto studii byla vybrána metoda průměru a rozpětí.

Měření SMS

Práce se SMS byla nakonec nejsnadnější, protože v tomto případě jediné, co je potřeba udělat, je dát obrobek na měřicí podložku a zmáčknout na stroji Start. Stroj sám změří

dutiny jak z pohledu velikosti, tak z pohledu hladkosti. Stroj eliminuje chyby v měření od lidského faktoru. Pro tuto studii byla vybrána analýza způsobilosti indexy C_g a C_{gk} . Pro způsobilost SMS byl vybrán jeden obrobek GR a změřen 50-krát. Pro způsobilost procesu bylo vybráno 50 ks GR, které nám očísloval pověřený pracovník.

5.4 Způsobilost měřidel

Rozlišovací schopnost měřícího přístroje je posuzována podle šíře pole specifikace signifikantního znaku. Předpis pro měřený rozměr 55 H9 má hodnotu **55,00** mm s tolerancí +0,074 mm a pro rozměr 17 F8 hodnotu **17,00** mm s tolerancí +0,027 mm. Pak je 10% šíře tolerance 0,074 mm, 0,016 mm a 0,043 mm. K měření se využilo kalibru, digitálního dutinoměru a SMS.

5.4.1 Výpočet ukazatelů způsobilosti C_g a C_{gk}

Měření obrobku proběhlo na SMS v kanceláři kvality výroby. Pro tuto studii manažer kvality a konzultant v jedné osobě zpracoval program, který byl zaměřen na dva signifikantní znaky obrobku GR, a to na 55 H9 a 17 F8. Výsledky měření jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 5: Naměřené hodnoty získané ze SMS pro 55 H9

Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota
1	55,030	11	55,030	21	55,031	31	55,030	41	55,030
2	55,030	12	55,029	22	55,030	32	55,030	42	55,030
3	55,031	13	55,030	23	55,030	33	55,030	43	55,031
4	55,030	14	55,029	24	55,029	34	55,030	44	55,030
5	55,031	15	55,030	25	55,030	35	55,029	45	55,030
6	55,030	16	55,030	26	55,030	36	55,030	46	55,029
7	55,029	17	55,030	27	55,030	37	55,030	47	55,030
8	55,030	18	55,029	28	55,030	38	55,029	48	56,030
9	55,030	19	55,030	29	55,029	39	55,031	49	57,030
10	55,031	20	55,030	30	55,030	40	55,030	50	58,030

Zdroj: vlastní zpracování ze získaných dat z SMS

Z naměřených hodnot byl vypočten⁵ průměr $\bar{x} = 55,0299$ podle vzorce (5) a vypočtena výběrová směrodatná odchylka $s_g = 0,0005$ (6)

⁵ Vypočtené hodnoty po zaokrouhlení

Tabulka 6: Naměřené hodnoty získané ze SMS pro 17 F8

Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota
1	17,020	11	17,018	21	17,021	31	17,020	41	17,019
2	17,020	12	17,020	22	17,020	32	17,019	42	17,020
3	17,019	13	17,019	23	17,020	33	17,020	43	17,020
4	17,020	14	17,020	24	17,019	34	17,019	44	17,019
5	17,020	15	17,021	25	17,020	35	17,019	45	17,020
6	17,019	16	17,021	26	17,020	36	17,020	46	17,019
7	17,020	17	17,020	27	17,020	37	17,020	47	17,020
8	17,020	18	17,020	28	17,020	38	17,020	48	17,021
9	17,020	19	17,020	29	17,020	39	17,020	49	17,020
10	17,020	20	17,020	30	17,019	40	17,020	50	17,020

Zdroj: vlastní zpracování ze získaných dat z SMS

Z naměřených hodnot byl vypočten průměr $\bar{x} = 17,0198$ podle vzorce (5) a vypočtena výběrová směrodatná odchylka $s_g = 0,0006$ (6)

Jelikož není známa směrodatná odchylka procesu, pro výpočet ukazatelů C_g a C_{gk} je nutné využít vzorce vztahující se k šířce pole specifikace. Šířka pole $T_{H9} = 0,074$ mm a $T_{F8} = 0,027$ mm. Grafické vyjádření a protokol způsobilosti SMS pro obě dutiny v přílohách E a F.

Ukazatel C_g podle metodiky Bosch, pro kterou je stanovena šíře pole specifikace 20 %, se vypočítá podle vztahu (1)

$$C_g(H9) = \frac{0,2 * 0,074}{6 * 0,0005} = 4,9333$$

$$C_g(F8) = \frac{0,2 * 0,027}{6 * 0,0006} = 1,5$$

Ukazatel C_{gk} podle vztahu (2)

$$C_{gk} = \text{Min}(C_{gU}; C_{gL})$$

$$C_{gU} = \frac{((0,1 * 0,074) + 55,030 - 55,0299)}{(3 * 0,0005)} = 5,00$$

$$C_{gL} = \frac{((0,1 * 0,074) + 55,0299 - 55,030)}{(3 * 0,0005)} = 4,86$$

$$C_{gU} = \frac{((0,1 * 0,027) + 17,020 - 17,0198)}{(3 * 0,0006)} = 1,62$$

$$C_{gL} = \frac{((0,1 * 0,027) + 17,0198 - 17,020)}{(3 * 0,0006)} = 1,39$$

$$C_{gk} (H9) = 4,86$$

$$C_{gk} (F8) = 1,39$$

MS je způsobilý tehdy, když $C_g, C_{gk} \geq 1,33$, jak lze vidět v příloze E a F.

5.4.2 Metoda průměru a rozpětí

Za použití vzorců z odstavce 4.3.2 byly získány hodnoty, které jsou uvedeny v příloze G Measurement Unit Analysis 17 F8. Pro tuto studii byla vybrána jen dutina 17 F8 z důvodu časového vytížení měřících pracovníků.

Opakovatelnost – variabilita zařízení dle vzorce (5)

$$EV(F8) = 0,0041 * 0,5908 = 0,00242$$

Reprodukovatelnost – opakovatelnost operátora dle vzorce (6)

$$AV(F8) = \sqrt{(0,0040 * 0,5231)^2 - (0,00242^2 / 30)} = 0,00205$$

Opakovatelnost a reprodukovatelnost dle vzorce (7)

$$GRR(F8) = \sqrt{0,00242^2 + 0,00205^2} = 0,00317$$

Variabilita dílu dle vzorce (8)

$$PV(F8) = 0,0040 * 0,03146 = 0,00112$$

Celková variabilita dle vzorce (9)

$$TV(F8) = \sqrt{0,00317^2 + 0,00112^2} = 0,00336$$

Opakovatelnost v % dle vzorce (10)

$$\%EV(F8) = \frac{0,00242}{0,00336} * 100 = 72,06 \%$$

Reprodukovatelnost – opakovatelnost operátora v % dle vzorce (11)

$$\%AV(F8) = \frac{0,00205}{0,00336} * 100 = 60,84 \%$$

Opakovatelnost a reprodukovatelnost v % dle vzorce (12)

$$\%GRR(F8) = \frac{0,00317}{0,00336} * 100 = 94,30\%$$

Variabilita dílu v % dle vzorce (13)

$$\%PV(F8) = \frac{0,00112}{0,00336} * 100 = 33,27\%$$

GRR se nachází v intervalu 30 – 100 %, což znamená, že **system měření je nepřijatelný**.

5.5 Způsobilost procesu CNC stroje

Způsobilost stroje znamená vyrábět za stálých podmínek bezchybné díly, při zachování přesnosti a stability. Způsobilost jednotlivého stroje je předpoklad pro způsobilost procesu pro statistickou regulaci procesů a pro použití karet pro regulaci. (Gryn, 2006)

Pro ověření následujících výsledků jsou v přílohách H a I uvedeny výsledky C_p a C_{pk} a jejich grafické vyjádření.

Tabulka 7: Naměřené hodnoty ze SMS pro 55 H9

Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota
1	55,030	11	55,030	21	55,029	31	55,029	41	55,030
2	55,029	12	55,029	22	55,029	32	55,029	42	55,030
3	55,028	13	55,029	23	55,029	33	55,030	43	55,029
4	55,029	14	55,028	24	55,029	34	55,030	44	55,030
5	55,029	15	55,029	25	55,027	35	55,028	45	55,030
6	55,030	16	55,029	26	55,028	36	55,030	46	55,029
7	55,028	17	55,029	27	55,029	37	55,030	47	55,030
8	55,029	18	55,025	28	55,030	38	55,027	48	55,027
9	55,029	19	55,029	29	55,028	39	55,031	49	55,022
10	55,030	20	55,029	30	55,029	40	55,029	50	55,029

Zdroj: vlastní zpracování ze získaných dat z SMS

Soubor naměřených hodnot byl rozdělen na 5 podskupin po 10 kusech. Z naměřených hodnot bylo vypočítána následující tabulka 8: *Vypočítané hodnoty z naměřených hodnot pro 55 H9.*

Tabulka 8: Vypočítané hodnoty z naměřených hodnot pro 55 H9

	Rozpětí	MIN	MAX	Průměr
1. podskupina	0,0021	55,0282	55,0303	55,0290
2. podskupina	0,0047	55,0248	55,0295	55,0286
3. podskupina	0,0029	55,0270	55,0299	55,0286
4. podskupina	0,0033	55,0273	55,0305	55,0294
5. podskupina	0,0082	55,0221	55,0303	55,0287
	0,0042			55,0289

Zdroj: vlastní zpracování, vypočtené ze získaných hodnot

Vypočítané hodnoty dle vzorců (13, 14)

$$C_p(H9) = \frac{55,074 - 55,000}{6 * 0,00118} = 10,5$$

$$C_{pk}(H9) = \text{Min}(C_{PL} = \frac{55,0289 - 55,0000}{3 * 0,00118} = 8,18; C_{PU} = \frac{55,0740 - 55,0289}{3 * 0,00118} = 12,79)$$

$$C_{pk}(H9) = 8,18$$

C_p je přibližně rovno C_{pk} , obě skutečnosti ukazují, že proces je dobře centrován.

$C_{pk} > 1,33$; **proces je způsobilý.**

Tabulka 9: Naměřené hodnoty ze SMS pro 17 F8

Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota	Díl	Hodnota
1	17,018	11	17,018	21	17,022	31	17,018	41	17,009
2	17,018	12	17,020	22	17,021	32	17,019	42	17,017
3	17,019	13	17,019	23	17,020	33	17,022	43	17,015
4	17,019	14	17,020	24	17,017	34	17,008	44	17,006
5	17,016	15	17,021	25	17,018	35	17,016	45	17,017
6	17,019	16	17,021	26	17,016	36	17,019	46	17,018
7	17,020	17	17,022	27	17,009	37	17,019	47	17,020
8	17,020	18	17,022	28	17,015	38	17,020	48	17,021
9	17,018	19	17,021	29	17,020	39	17,017	49	17,019
10	17,021	20	17,022	30	17,015	40	17,017	50	17,016

Zdroj: vlastní zpracování ze získaných dat z SMS

Soubor naměřených hodnot byl rozdělen na 5 podskupin po 10 kusech. Z naměřených hodnot bylo vypočítána následující tabulka 10: Vypočítané hodnoty z naměřených hodnot

pro 17 F8.

Tabulka 10: Vypočítané hodnoty z naměřených hodnot pro 17 F8

	Rozpětí	MIN	MAX	Průměr
1. podskupina	0,0048	17,0161	17,0209	17,0187
2. podskupina	0,0044	17,0178	17,0222	17,0205
3. podskupina	0,0121	17,0086	17,0207	17,0172
4. podskupina	0,0140	17,0079	17,0219	17,0176
5. podskupina	0,0153	17,0057	17,0209	17,0157
	0,0101			17,0179

Zdroj: vlastní zpracování, vypočtené ze získaných hodnot

Vypočtené hodnoty dle vzorců (13, 14)

$$C_p(F8) = \frac{17,043 - 17,016}{6 * 0,00262} = 1,72$$

$$C_{pk}(F8) = \text{Min}(C_{PL} = \frac{17,0179 - 17,0160}{3 * 0,00262} = 0,245; C_{PU} = \frac{17,0430 - 17,0179}{3 * 0,00262} = 3,19)$$

$$C_{pk}(F8) = 0,245$$

$C_p > C_{pk}$, mezi indexy je větší rozdíl, to by mohl signalizovat problém s centrováním procesu.

$C_{pk} < 1,33$; **proces není způsobilý.**

Problém proč proces není způsobilý může být při upínání obrobku do CNC stroje, kdy se kus nesmí pohnout, ale upínka je špatně připevněna. Dalším důvodem může být nepozornost pracovníka, který obrobek špatně vloží a upne.

Závěr

Je důležité si uvědomit, že pro zajištění velmi přesných parametrů, atributů různých produktů nestačí jednat pouze s technologickými aspekty výrobního procesu, ale je také důležité zajistit se stejnou snahou spolehlivé měření sledovaných parametrů. Posuzování způsobilosti měřicího zařízení je proces, který představuje důležitý prvek trvalého zlepšování kvality výrobního procesu, protože rozhodnutí o kvalitě jsou obvykle založena na kontrole a měření různých parametrů obrobků.

Bakalářská práce se zabývala vlivem metod měření a kvality kontroly v procesu obrábění na kvalitu výrobků. Současný způsob měření a hodnocení pomocí metod ve společnosti je dostačující. Avšak konečná způsobilost procesu ukázala, že problém nastává při procesu obrábění, kdy by si měl pracovník kontrolovat průběžně obrobené kusy.

Cílem práce bylo prokázat, že měřicí zařízení je schopné a vhodné pro měření sledovaného atributu kvality (signifikantní znak). Z vybraných tří měřících zařízení je nejspolehlivější SMS, který eliminuje chyby lidského faktoru v měření. Dále bylo zjištěno, že měření dutinoměrem spíše podněcuje k chybám, pokud s ním nemá pracovník zkušenosti.

Doporučením je využívat SMS k průběžným kontrolám základního souboru, tím je myšleno měření během zpracování celé zakázky. Ve společnosti Jizerskohorská strojírna, spol. s r.o. je pouze jeden SMS a je velice časově vytížen, ale společnost plánuje do budoucna pořídit další SMS. Jak se zjistilo, problém nastal během obrábění, kdy některé kusy GR obrobků překračují toleranci. Pracovník by omezil zmetkovost tím, že by kontroval obrobené kusy náhodně alespoň každé dvě hodiny kalibrem. Kontrola v tomto intervalu je dostačující. Měření kalibrem není časově náročné, takže by pracovník zkontroloval více kusů.

Seznam použité literatury

ANDĚL, Jiří *Statistické metody*. Praha: Matfyzpress, 2007. ISBN 80-7378-003-8.

ANDREJIOVÁ, Miriam a Zuzana KIMÁKOVÁ. INDICES C_g AND C_{gk} IN THE ASSESSMENT OF THE MEASURING DEVICE CAPABILITY. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara* [online]. 2014, vol. 12, no. 4, s. 113-116. ISSN 15842665. Dostupné z databáze ProQuest

BUMBÁLEK, Leoš. *Kontrola a měření*. Praha: Infomatorium, 2009. ISBN 978 - 80- 7333- 072-9.

ČSN EN ISO 3650. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měřky*. 4. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2000.

ČSN ISO 2768-1. *Všeobecné tolerance. Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1992.

DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Vyd. 1. Praha: Europa- Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.

DOWN, Michael, Frederick CZUBAK a Gregory GRUSKA. *Analýza systémů měření*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. ISBN 978-80-02-02323-5.

GRYN, Hank, Russ HOPKINS a Joe BRASKYM. *Statistická regulace procesů*. 2. vyd., Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01810-9.

MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010, 420 s. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3

MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. *Kompedium statistického zpracování dat*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2196-8.

MONTGOMERY, Douglas C. *Introduction to statistical quality control*. 6th ed., USA: John Wiley and Sons, Inc., 2009. ISBN 978-0-470-16992-6.

O nás | JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA spol. s r. o.. *JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA spol. s r. o. | Kvalita z podhůří* [online]. [cit. 08.02.2017]. Dostupné z: <http://www.jizerskohorska.cz/o-nas/>

PERNIKÁŘ, Jiří. *Strojírenská metrologie II*. 1. Brno: CERM, 2006. ISBN 8021433388.

PLURA, Jiří. Plánování a neustálé zlepšování jakosti: příručka. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2001, 244 s. ISBN 80-7226-543-1.

Interní dokumenty JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA, spol. s r. o.

Seznam příloh

Příloha A – Diagram příčin a následků

Příloha B – Výkres obrobku GR

Příloha C – Protokol způsobilosti kalibru pro 55 H9

Příloha D – Protokol způsobilosti kalibru pro 17 F8

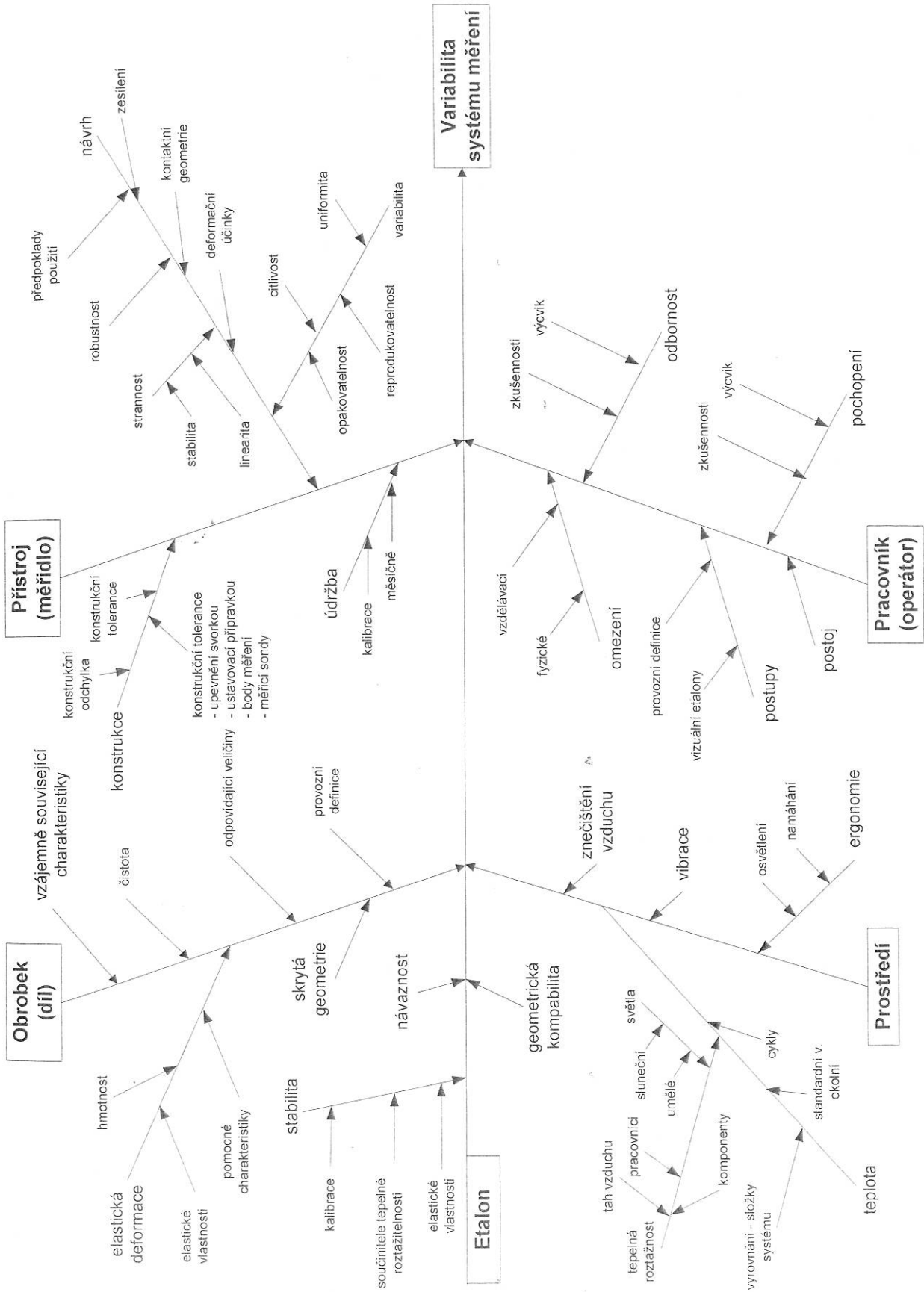
Příloha E – Protokol způsobilosti SMS pro 55 H9

Příloha F – Protokol způsobilosti SMS pro 17 F8

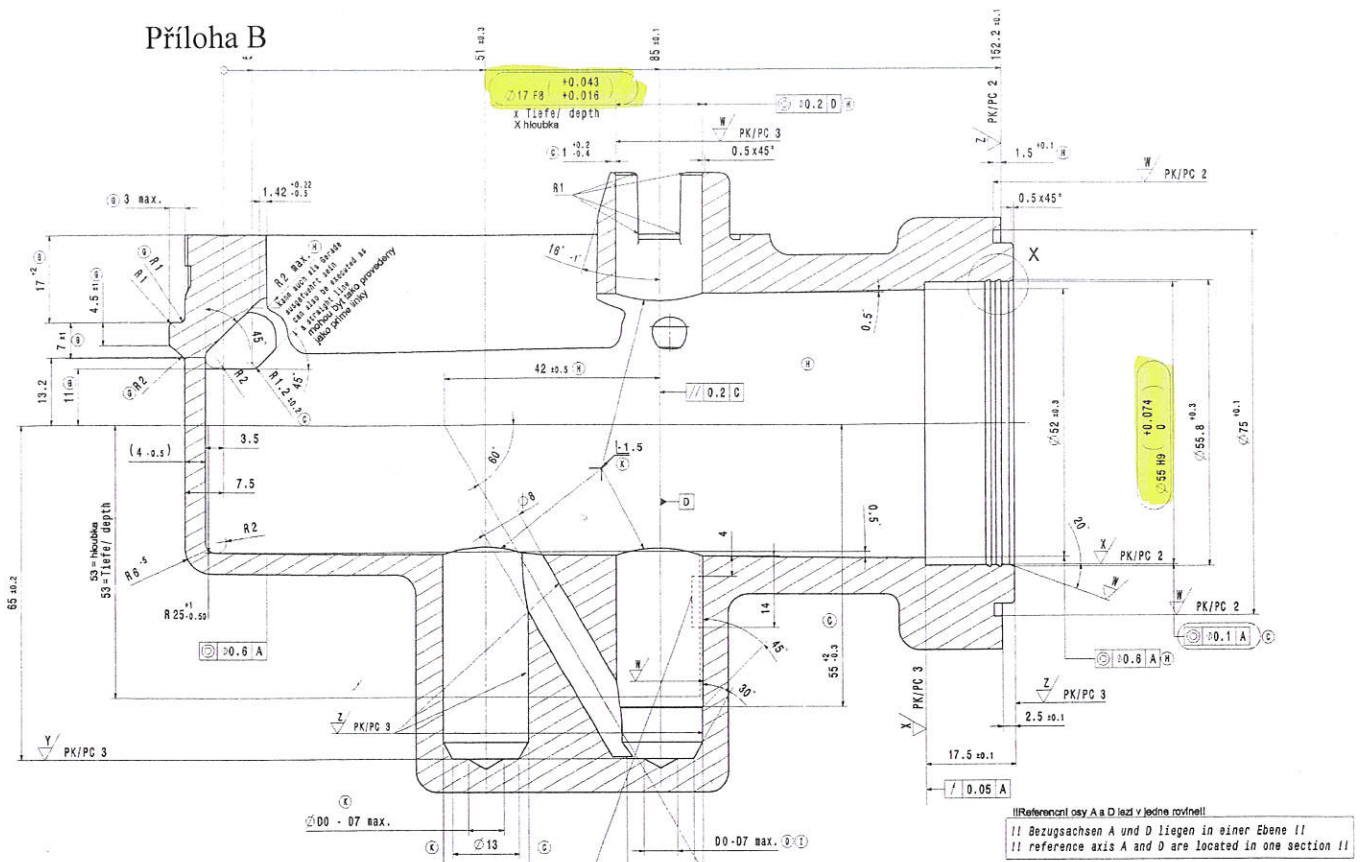
Příloha G – Protokol způsobilosti dutinoměru

Příloha H – Vygenerovaná data ze SMS pro 55 H9

Příloha I – Vygenerovaná data ze SMS pro 17 F8



Priloha B



V této oblasti max. smíšená dutiny na dosahada plocha ve velikosti max. 3mm šířka a 10mm dlouhé vřetní povoleny.
 In diesen Bereich max. ein Schwindungslunker auf der Lauffläche in einer Größe von max. 3mm quer und 10mm laengs zur Bohrung zulaessig
 In this section max. one shrinkage cavities on the tread surface in a size of max. 3mm across and 10mm along to the hole allowed

Tridy poru pro obrabene povrchy (PK)

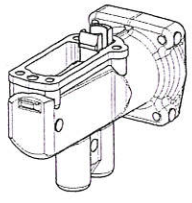
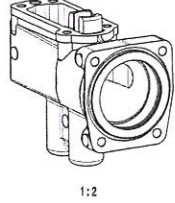
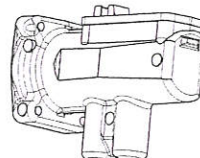
- PK1**
 1.1 Max. rozšírení poru 0,4 mm
 1.2 Min. vzdálenost od okraje poru navzájem 8 mm
 1.3 Pory s max. rozšírením <= 0,2 mm nejsou
 1.4 Koncentrace 3 poru na postizene oblasti povoleno (proti 1.2) s min. vzdáleností od okraje 1 mm
 1.5 Jeden por s max. rozšírením 0,8mm v oblasti optacování (oproti 1.1) povoleno.
- PK2**
 2.1 Max. rozšírení poru 0,8 mm
 2.2 Min. vzdálenost od okraje poru navzájem 8 mm
 2.3 Pory s max. rozšírením <= 0,2 mm nejsou
 2.4 Koncentrace 3 poru na postizene oblasti povol
- PK3**
 3.1 Max. rozšírení poru 0,7 mm
 3.2 Min. vzdálenost od okraje poru navzájem 15 mm
 3.3 Pory s max. rozšírením <= 0,4 mm nejsou
 3.4 one concentration of 3 poru per machining surface at a min. edge distance of 1,5mm allowed (against 3.2)
 3.5 A single hollow space with max. 1mm width (against 3.1) allowed (shrinkage cavities).
 Length of the hollow space max. 10mm.

Pore class for machined surfaces (PC)

- PC1**
 1.1 max. expansion of a pore 0,4mm
 1.2 min. edge distance of the pores with each other 8mm
 1.3 pore with max. expansion <=0,2mm disregarded
 1.4 one concentration of 3 pores per machining surface at a min. edge distance of 1mm allowed (against 1.2)
 1.5 a single pore with max. expansion of 0,8mm per machining surface allowed (against 1.1)
- PC2**
 2.1 max. expansion of a pore 0,8mm
 2.2 min. edge distance of the pores with each other 8mm
 2.3 pore with max. expansion <=0,2mm disregarded
 2.4 one concentration of 3 pores per machining surface at a min. edge distance of 1mm allowed (against 2.2)
 1.5 a single pore with max. expansion of 0,8mm per machining surface allowed (against 2.1)
- PC3**
 3.1 max. expansion of a pore 0,7mm
 3.2 min. edge distance of the pores with each other 15mm
 3.3 pore with max. expansion <=0,4mm disregarded
 3.4 one concentration of 3 pores per machining surface at a min. edge distance of 1,5mm allowed (against 3.2)
 3.5 A single hollow space with max. 1mm width (against 3.1) allowed (shrinkage cavities).
 Length of the hollow space max. 10mm.

Porenklasse fuer bearbeitete Flaechen (PK)

- PK1**
 1.1 Max. Ausdehnung einer Pore 0,4mm
 1.2 Min. Randabstand der Poren untereinander 8mm
 1.3 Poren mit max. Ausdehnung <=0,2mm bleiben unberuecksichtigt
 1.4 Eine einmalige Anhaeuftung von 3 Poren je Bearbeitungsflaeche zulaessig (entgegen 1.2) bei einem min. Randabstand von 1mm
 1.5 Eine einzelne Pore mit max. Ausdehnung von 0,8mm je Bearbeitungsflaeche zulaessig (entgegen 1.1)
- PK2**
 2.1 Max. Ausdehnung einer Pore 0,8mm
 2.2 Min. Randabstand der Poren untereinander 8mm
 2.3 Poren mit max. Ausdehnung <=0,2mm bleiben unberuecksichtigt
 2.4 Eine einmalige Anhaeuftung von 3 Poren je Bearbeitungsflaeche zulaessig (entgegen 2.2) bei einem min. Randabstand von 1mm
 2.5 Eine einzelne Pore mit max. Ausdehnung von 0,8mm je Bearbeitungsflaeche zulaessig (entgegen 2.1)
- PK3**
 3.1 Max. Ausdehnung einer Pore 0,7mm
 3.2 Min. Randabstand der Poren untereinander 15mm
 3.3 Poren mit max. Ausdehnung <=0,4mm bleiben unberuecksichtigt
 3.4 Eine einmalige Anhaeuftung von 3 Poren je Bearbeitungsflaeche zulaessig (entgegen 3.2) bei einem min. Randabstand von 1,5mm
 3.5 Ein einzelner Hohlraum mit max. 1mm Breite zulaessig (entgegen 3.1); Schwindungslunker).
 Laenge des Hohlraumes max. 10mm.



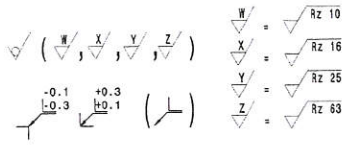
zavazne funkce
 (B) signifikante Merkmal
 significant feature

výjimec z formy
Foratrennung/ mold release
 Tolerance a dovolky DIN 1688-GTA14
Toleranz und Zugabe DIN 1688-GTA14
 tolerance and allowance DIN 1688-GTA14

všeobecne ukoky max. 3 stupne
 deli ukoky dle ujednani
 nekotované vnější radiusy R4
 nekotované vnitřní radiusy R1
 sekotované (max. 0,2 Bar, olej SAE 80)
 Lit-technické vybrání dle ujednani
 nekotované tloušťky stran 1,5 do 1,8
 Teplotní rozsah -40 stupne C do +150 stupnu C

Definition der Formschraegen
 allgemeine Formschraegen max 3°
 sonstige Formschraegen nach Asprache
 unbenähte Radien aussen R 4
 unbenähte Radien innen R 1
 oeldicht (max. 0,2 Bar, Öl SAE 80)
 Gußtechnische Ausnehmungen nach Asprache
 unbenähte Wanddicken 1,5 bis 1,8
 Temperaturbereich -40°C bis +150°C

oznaceny metricky zavrt MB se standardnim zavrtom
 Zavrtak vyroben firmou EMUGE.
 mit (*) gekennzeichnete Gewinde MB sind Metrische Spirallock-Regelgewinde
 (Self-locking). Hergestellt mit Gewindebohrer der Firma EMUGE.
 with (*) marked threads are standard metric spirallock threads (self-locking).
 Manufactured with screw tap of company EMUGE.



Příloha C

Studie srovnávacího měřidla (krátká metoda)
 Informace použity z MSA příručky druhé vydání, Duben 1999, strana 81.

Studie srovnávacího měřidla – 2 měření a 2 hodnotitelé						Číslo protokolu:
Díl: Těleso GR Č. výkresu		Měřidlo:		Rozměr: 55 H9		
	Kořínek		Jirounek		Hodnocení	Poznámka
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2		
Díl č. 1	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 2	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 3	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 4	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 5	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 6	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 7	NO	NO	NO	NO	Vyhovuje	
Díl č. 8	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 9	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 10	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 11	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 12	NO	NO	NO	NO	Vyhovuje	
Díl č. 13	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 14	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 15	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 16	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 17	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 18	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 19	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 20	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Zkoušku vyhodnotil: J. Kořínek		Dne: 15.06 2017		Výsledek zkoušky: Vyhovuje		

Příloha D

Studie srovnávacího měřidla (krátká metoda)
 Informace použity z MSA příručky druhé vydání, Duben 1999, strana 81.

Studie srovnávacího měřidla – 2 měření a 2 hodnotitelé						Číslo protokolu:
Díl: Těleso GR	Č. výkresu	Měřidlo: Kalibr	Rozměr: 17 F8			
	Kořínek		Jirounek		Hodnocení	Poznámka
	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2		
Díl č. 1	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 2	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 3	NO	NO	NO	NO	Vyhovuje	
Díl č. 4	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 5	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 6	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 7	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 8	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 9	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 10	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 11	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 12	Ok	Ok	OK	Ok	Vyhovuje	
Díl č. 13	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 14	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 15	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 16	NO	NO	NO	NO	Vyhovuje	
Díl č. 17	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 18	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 19	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Díl č. 20	OK	OK	OK	OK	Vyhovuje	
Zkoušku vyhodnotil: J. Kořínek		Dne: 15.06 2017		Výsledek zkoušky: Vyhovuje		

INDEX: 01
 DOC # E430CZ-LP01-LR07
 STRÁNKA: 1 z 1

Analýza způsobilosti (metoda Cg, Cgk)



JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA spol. s r.o.
 Bílý Potok 395
 HEJNICE
 CZ - 463 62
 tel.: +420 777779568

Měřicí zařízení:

3D – GR těleso

Ev. číslo: 4A12606

Výrobce: Marposs

Umístění: kvalita

Podmínky měření:

Etalon:

Místo měření:	Kvalita	Název:	
Jméno:	Valentová	Číslo:	240013 GM
Datum:	09.06.2017	Rozměr (x_s):*	55,030
Specifikace znaku	55 H9	H. hranice ($x_s + 0,10V$):	55,037
Šířka tolerančního pole T:*	0,074	D. hranice ($x_s - 0,10V$):	55,023
Variabilita procesu TV:*	0,059	Vyhodnotil: Jiří Kořínek	Datum: 09.06.2017
Poznámky:	rozlišení 0,001 mm	Ve výpočtu použít tuto variabilitu "V":*	T

1	55,030	55,030	55,030	55,030	55,031	55,030	55,030	55,030	55,030	55,029
2	55,030	55,029	55,029	55,030	55,030	55,030	55,030	55,030	55,030	55,030
3	55,031	55,030	55,030	55,029	55,030	55,030	55,030	55,029	55,031	55,030
4	55,030	55,030	55,029	55,030	55,029	55,029	55,030	55,031	55,030	55,030
5	55,031	55,031	55,030	55,030	55,030	55,030	55,029	55,030	55,030	55,030
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

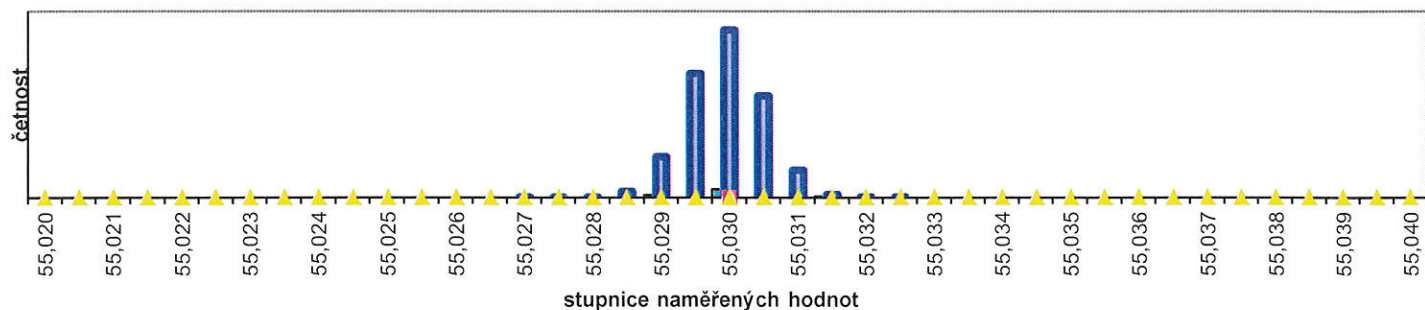
aritmetický průměr:

$$\bar{x}_m = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_{mi} \quad 55,0299$$

směrodatná odchylka:

$$s_w = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_{mi} - \bar{x}_m)^2} \quad 0,000550$$

■ Histogram ■ Skutečný Gausse ■ $x_s - 0,10V$ ■ x_s ▲ Střed Gausse * $x_s + 0,10V$



Vyhodnocení způsobilosti KMZ zařízení vyjádřené k:

Ukazatele	Vzorce	Variabilitě procesu TV=6s	Šířce tolerančního pole T
Potenciál	$c_g = \frac{0,20 \cdot V}{6 \cdot s_w}$	-	4,49
Schopnost k horní hranici	$c_{gU} = \frac{(x_s + 0,1 \times V) - \bar{x}_m}{3s_w}$	-	4,52
Schopnost k dolní hranici	$c_{gL} = \frac{\bar{x}_m - (x_s - 0,1 \times V)}{3s_w}$	-	4,45
Výsledná schopnost	$c_{gk} = \min(c_{gU}, c_{gL})$	-	4,45

Je měřicí systém způsobilý?

ANO

Poznámka: MS je způsobilé tehdy, když $c_g, c_{gk} \geq$

1,33

Opatření:

INDEX: 01
 DOC # E430CZ-LP01-LR07
 STRÁNKA: 1 z 1

Analýza způsobilosti (metoda Cg, Cgk)



JIZERSKOHORSKÁ STROJÍRNA spol. s r.o.

Bílý Potok 395

HEJNICE

CZ - 463 62

tel.: +420 77779568

Měřicí zařízení:

3D – GR těleso 17 F8

Ev. číslo: 4A12606

Výrobce: Marposs

Umístění: kvalita

Podmínky měření:

Etalon:

Místo měření:	Kvalita	Název:	
Jméno:	Valentová	Číslo :	240013 GM
Datum:	17.10.2017	Rozměr (x_s):*	17,020
Specifikace znaku	17 F8	H. hranice ($x_s + 0,10V$):	17,023
Šířka tolerančního pole T:*	0,027	D. hranice ($x_s - 0,10V$):	17,017
Variabilita procesu TV:*	0,022	Vyhodnotil :	Jiří Kořínek
		Datum:	09.06.2017
Poznámky:	rozlišení 0,001 mm	Ve výpočtu použít tuto variabilitu "V":*	T

1	17,020	17,019	17,018	17,021	17,021	17,020	17,020	17,020	17,019	17,019
2	17,020	17,020	17,020	17,020	17,020	17,020	17,019	17,020	17,020	17,020
3	17,019	17,020	17,019	17,020	17,020	17,020	17,020	17,020	17,020	17,021
4	17,020	17,020	17,020	17,020	17,019	17,020	17,019	17,020	17,019	17,020
5	17,020	17,020	17,021	17,020	17,020	17,019	17,019	17,020	17,020	17,020
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

aritmetický průměr:

$$\bar{x}_m = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_{mi} \quad 17,0198$$

směrodatná odchylka:

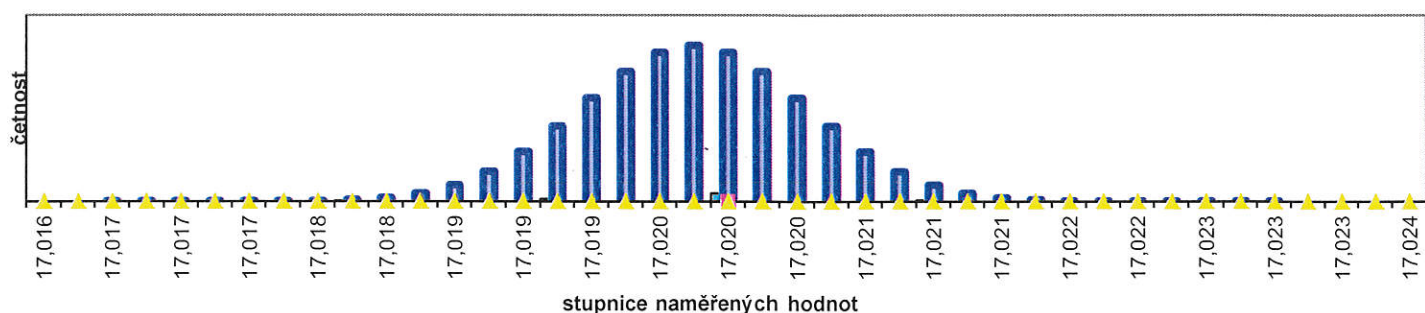
$$s_w = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_{mi} - \bar{x}_m)^2} \quad 0,000596$$

■ Histogram

■ Skutečný Gausse

■ $x_s - 0,10V$ ■ x_s

▲ Střed Gausse

▲ $x_s + 0,10V$ 

Vyhodnocení způsobilosti KMZ zařízení vyjádřené k:

Ukazatele	Vzorce	Variabilitě procesu TV=6s	Šířce tolerančního pole T
Potenciál	$c_g = \frac{0,20 \cdot V}{6 \cdot s_w}$	-	1,51
Schopnost k horní hranici	$c_{gU} = \frac{(x_s + 0,1 \times V) - \bar{x}_m}{3s_w}$	-	1,61
Schopnost k dolní hranici	$c_{gL} = \frac{\bar{x}_m - (x_s - 0,1 \times V)}{3s_w}$	-	1,41
Výsledná schopnost	$c_{gk} = \min(c_{gU}; c_{gL})$	-	1,41
Je měřicí systém způsobilý?	ANO	Poznámka: MS je způsobilé tehdy, když $c_g, c_{gk} \geq$	1,33

Opatření:

Measurement Unit Analysis

Příloha G

15.9.17

Kořínek

Jirounek

Rubešová

Date:

Appraiser A:

Appraiser B:

Appraiser C:

GR

Gage Name:

Gage No.:

Gage Type:

délka

Part No.: 17 F8
 Characteristics: 0,016 min. 0,43 max.
 Specification: 0,016 min. 0,43 max.

Appraiser / Trial #	PART										AVERAGE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1. A	17,016	17,019	17,015	17,022	17,015	17,017	17,019	17,025	17,025	17,019	17,019	17,019
2.	17,015	17,018	17,019	17,019	17,02	17,019	17,021	17,025	17,026	17,02	17,02	17,020
3.	17,015	17,016	17,019	17,02	17,021	17,021	17,021	17,026	17,02	17,02	17,019	17,020
4. Average	17,015	17,018	17,018	17,020	17,019	17,019	17,020	17,025	17,024	17,019	17,019	17,019
5. Range	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,003
6. B	17,025	17,026	17,025	17,024	17,022	17,017	17,019	17,023	17,021	17,025	17,025	17,023
7.	17,025	17,02	17,022	17,028	17,024	17,022	17,021	17,022	17,019	17,024	17,024	17,023
8.	17,029	17,024	17,024	17,019	17,018	17,019	17,021	17,025	17,021	17,019	17,019	17,022
9. Average	17,026	17,023	17,024	17,024	17,021	17,019	17,020	17,023	17,020	17,023	17,023	17,024
10. Range	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,005
11. C	17,025	17,022	17,025	17,023	17,025	17,026	17,028	17,028	17,024	17,025	17,025	17,025
12.	17,022	17,023	17,025	17,022	17,027	17,022	17,028	17,026	17,024	17,028	17,028	17,025
13.	17,02	17,019	17,019	17,022	17,025	17,025	17,019	17,019	17,022	17,024	17,024	17,021
14. Average	17,022	17,021	17,023	17,022	17,026	17,024	17,025	17,024	17,023	17,026	17,026	17,0237
15. Range	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,005
16. Part Average (\bar{X}_p)	17,021	17,021	17,021	17,022	17,022	17,021	17,022	17,024	17,022	17,023	17,023	17,023
Status: Analysis is valid - Number of Appraisers: 3 ok - Number of Parts: 10 ok - Number of Trials: 3 ok												
17. $\bar{R} = (\bar{R}_a + \bar{R}_b + \bar{R}_c) / \text{Number of Appraisers}$ $\bar{R} = 0,0041$ 18. $\bar{X}_{\text{diff}} = \text{Max}\bar{X} - \text{Min}\bar{X}$ $\bar{X}_{\text{diff}} = 0,0040$ 19. $\text{OEG}_R = \bar{R} * D_4$ $D_4 = 2,58$ $\text{OEG}_R = 0,0106$												

Measurement Unit Analysis

Part No.: _____
 Characteristics: 17 F8
 Specification: 0,016 min. 0,43 max.

Gage Name: GR
 Gage No.:
 Gage Type: délka

Date: 15.9.17
 Appraiser A: Kofínek
 Appraiser B: Jirounek
 Appraiser C: Rubešová

Příloha G

From data sheet: $\bar{R} = 0,0041$ $\bar{X}_{Diff} = 0,0040$ $R_p = 0,004$

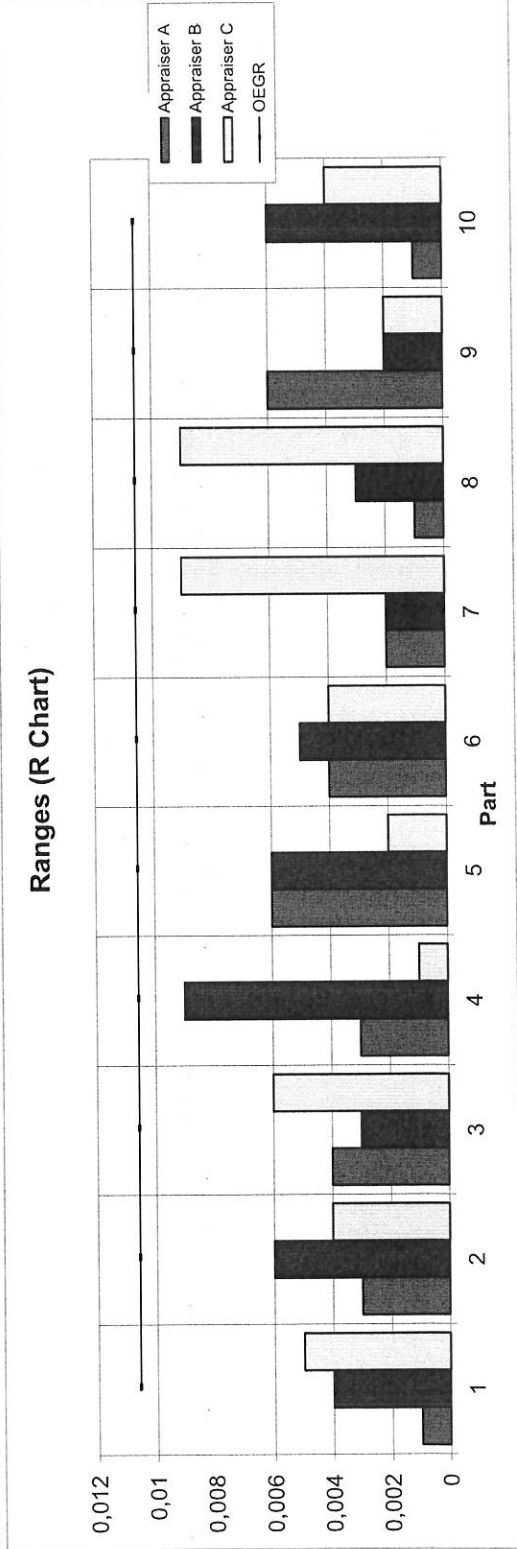
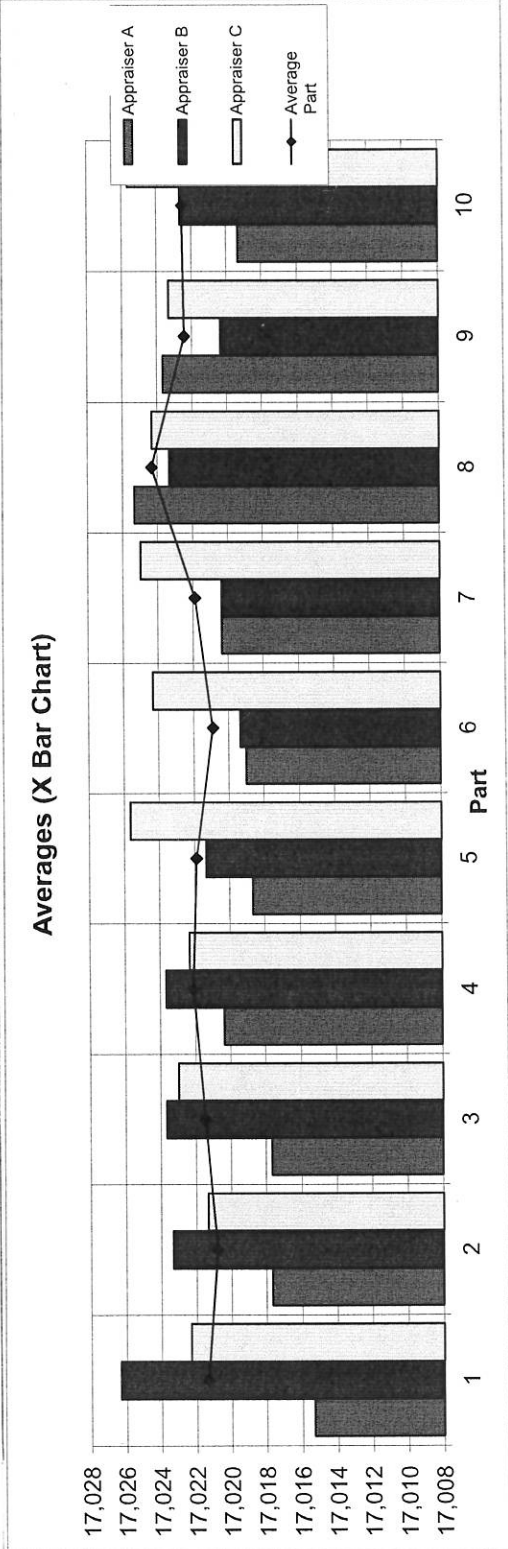
Repeatability - Equipment Variation (EV)	
$EV = \bar{R} * K1$ = 0,00242	K1 = 0,5908 % EV = 100 [EV / TV] = 72,06%
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)	
$AV = \sqrt{(\bar{X}_{Diff} * K2)^2 - (EV^2 / nr)}$ = 0,00205	K2 = 0,5231 nr = 30 % AV = 100 [AV / TV] = 60,84%
Repeatability & Reproducibility (R&R)	
$R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ = 0,00317	% GRR = 100 [R&R / TV] = 94,30%
Part Variation (PV)	
$PV = R_p * K3$ = 0,00112	K3 = 0,3146 % PV = 100 [PV / TV] = 33,27%
Total Variation (TV)	
$TV = \sqrt{R\&R^2 + PV^2}$ = 0,00336	ndc = 1,41 (PV / GRR) = 0,498

Measurement Unit Analysis

Part No.: 17 F8
Characteristics: 17 F8
Specification: 0,016 min. 0,43 max.

Gage Name: GR
Gage No.:
Gage Type: délka

Date: 15.9.17
Appraiser A: Kořínek
Appraiser B: Jirounek
Appraiser C: Rubešová



Data page: 1 / 55 H9 / Diameter

Parts data

Workpiece : 182 / - (způsobilost zařízení)
 Drawing : PD-Gehause
 Inspection plan : 1 / - ()
 Random sample scope 5

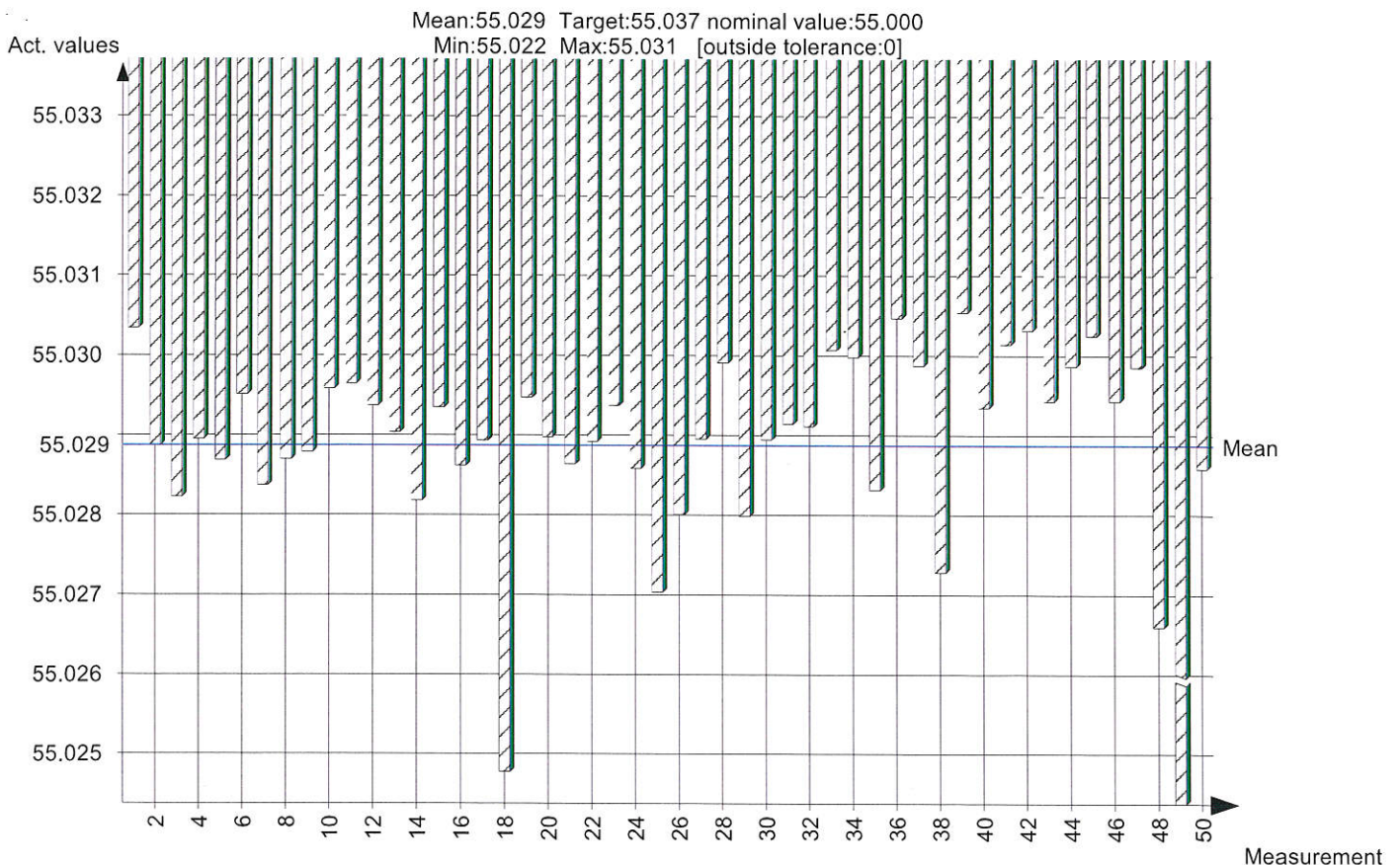
Charact. data

characteristic : 1 / 55 H9 Type : Diameter
 nominal value : 55.000 Target : 55.037
 upper tol. : 0.074 lower tol. : 0.000

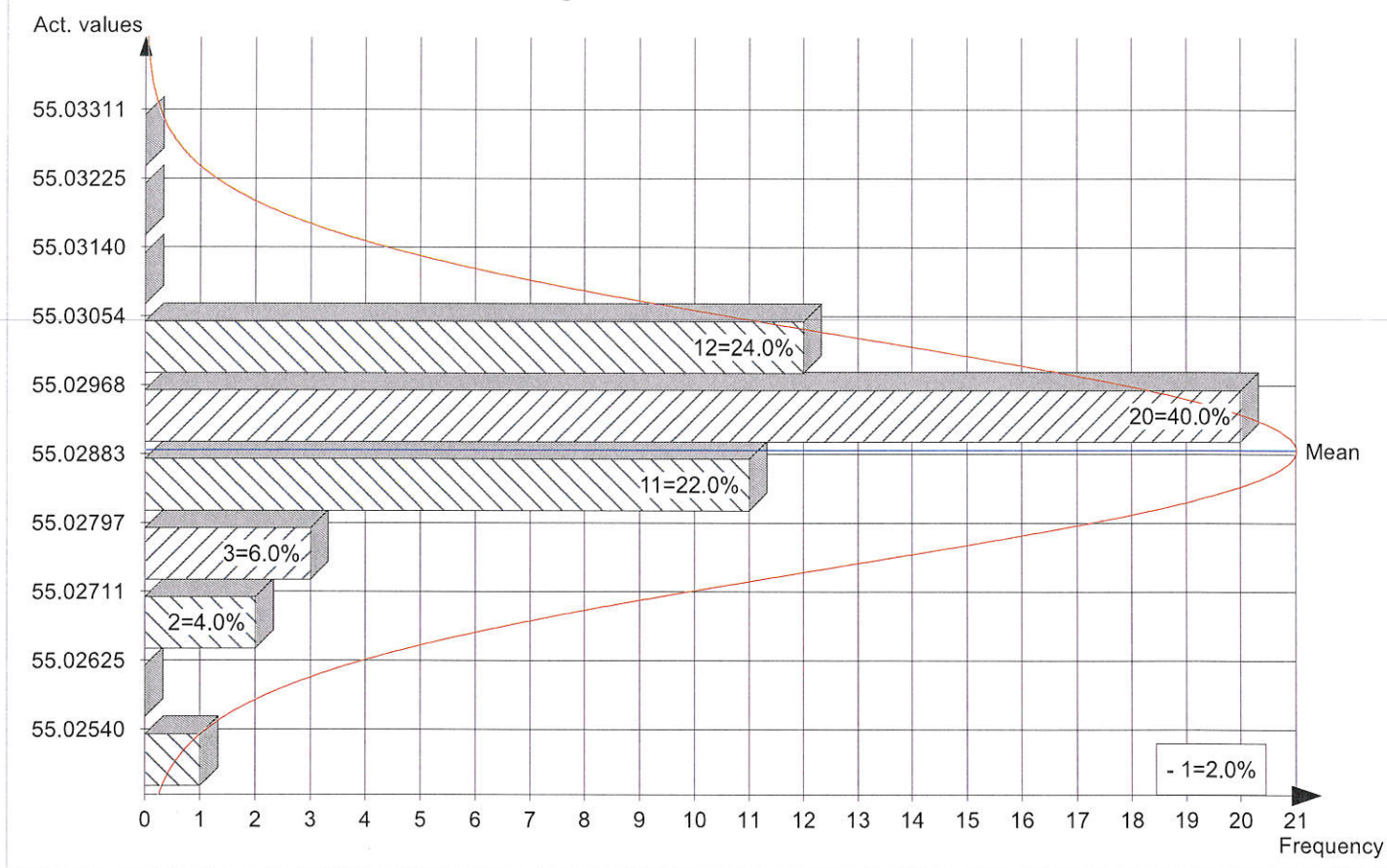
Statistic data

Act. values : from 1 to 50 No. : 50 / 50
 from 22.04.17 / 8:51:42 to 22.04.17 / 12:06:00
 Mean : 55.029 Variance : 2.04E-006
 Std. deviation : 0.00143 X bar ± 3s : 55.033 to 55.025
 Minimum : 55.022 Maximum : 55.031
 outside tolerance 0 Outlier 6s : 0
 No. of random samples 10
 Cp : 10.5 \ Cpk : 8.18

Trend diagram : 1 / 55 H9 / Diameter



Histogram : 1 / 55 H9 / Diameter



Data page: 5 / D 17 F8 / Diameter

Parts data

Workpiece : 182 / - (způsobilost zařízení)
 Drawing : PD-Gehause
 Inspection plan : 1 / - ()
 Random sample scope 5

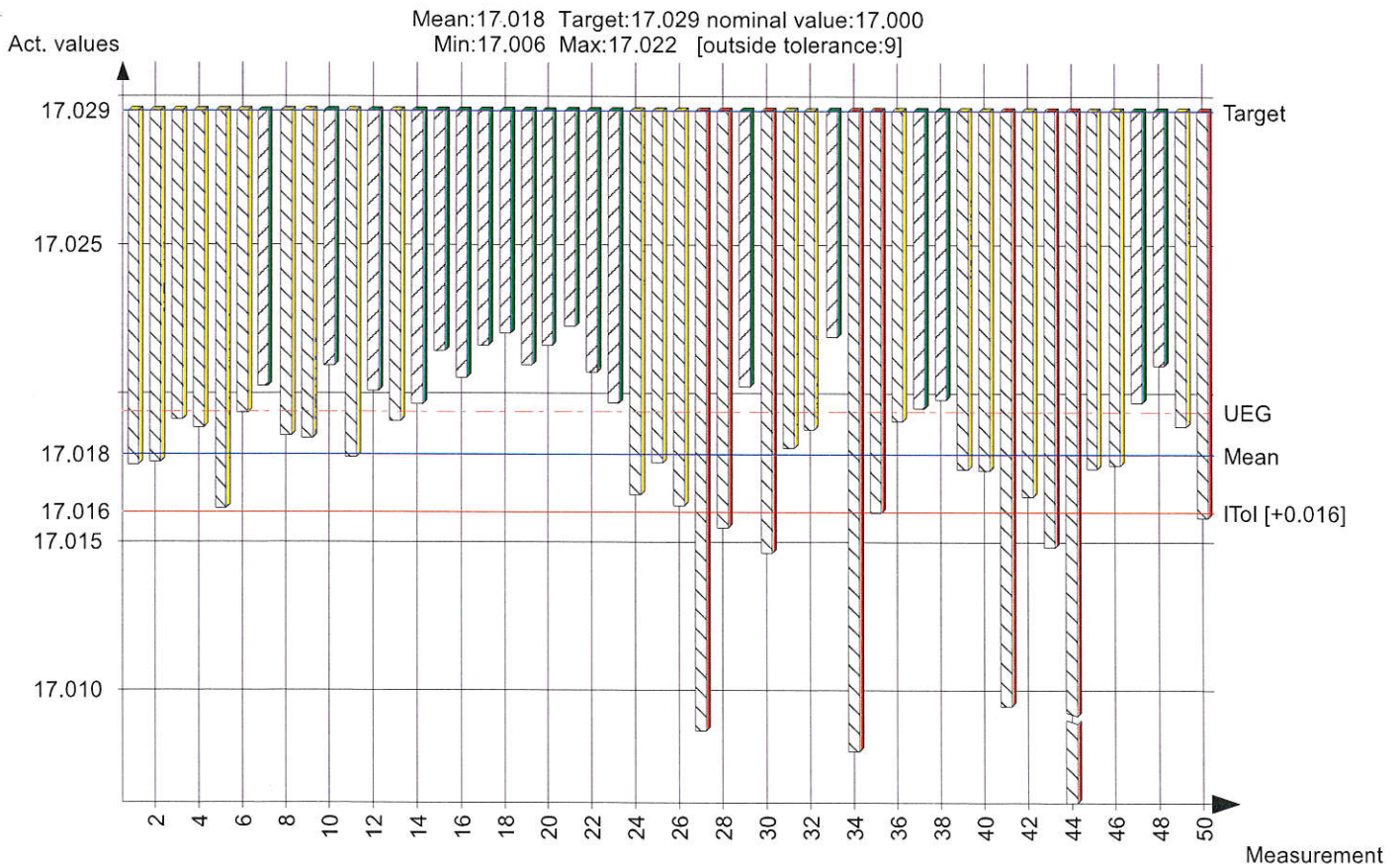
Charact. data

characteristic : 5 / D 17 F8 Type : Diameter
 nominal value : 17.000 Target : 17.029
 upper tol. : 0.043 lower tol. : 0.016

Statistic data

Act. values : from 1 to 50 No. : 50 / 50
 from 22.04.17 / 8:55:25 to 22.04.17 / 12:06:00
 Mean : 17.018 Variance : 1.28E-005
 Std. deviation : 0.00357 X bar ± 3s : 17.029 to 17.007
 Minimum : 17.006 Maximum : 17.022
 outside tolerance 9 Outlier 6s : 0
 No. of random samples 10
 Cp : 1.72 \ Cpk : 0.245

Trend diagram : 5 / D 17 F8 / Diameter



Histogram : 5 / D 17 F8 / Diameter

