VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE MĚŘENÍ A METOD MĚŘENÍ VYBRANÉ SOUČÁSTI

OPTIMIZATION OF MEASUREMENT AND MEASURING METHODS FOR A SELECTED COMPONENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Jiří Zapletalík
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	**Bc. Jiří Zapletalík**
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	**prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.**
Akademický rok:	2015/16

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:

Optimalizace měření a metod měření vybrané součásti

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V současné době vzniká při výrobě dílce CP3 velké množství neshodných výrobků, které stojí firmu měsíčně značkou část finančních prostředků. Optimalizací metodiky měření by se mělo zajistit včasné objevení závady na stroji, případně ve výrobním procesu a tím značně snížit procento neshodných výrobků.

Cíle diplomové práce:

Úvod
1. Metody řízení kvality produktu
2. Analýza současného stavu měření
3. Návrh optimální metodiky měření
4. Diskuse
5. Závěr

Seznam literatury:

Statistická regulace procesů (SPC) (2006): příručka. Česká společnost pro jakost, Praha.

Analýza systémů měření (MSA) (2011): příručka. Česká společnost pro jakost, Praha.

Pokročilé metody SPC s příklady z praxe (2011): příručka. Česká společnost pro jakost, Praha.

Moderní plánování kvality produktu (APQP) a plán kontroly a řízení (2009): referenční příručka. Česká společnost pro jakost, Praha.

Karpíšek, Z. (2014): Matematika IV. Akademické nakladatelství CERM, Brno.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 30. 11. 2015

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá analýzou statistické regulace procesu a metodami měření, používanými ve společnosti stoba Precizní Technika s.r.o. Na základě této analýzy budou navrženy případné změny, které by měly přispět ke zlepšení procesu výroby. Využitím statistických metod pro sledování procesu, lze identifikovat zvláštní příčiny působící na proces, a tím tak dosáhnout zlepšení kvality procesu.

Klíčová slova

Regulace procesu, kvalita, měření, způsobilost.

ABSTRACT

This master's thesis focuses on the analysis of statistical process control and measurement methods, used in the company stoba Precizní Technika s.r.o. On the basis of this analysis there will be proposed changes that should contribute to improving the production process. By using statistical methods for monitoring of process can identify specific causes operating on the process and thereby achieve an improvement in quality of process.

Key words

Process control, quality, measurement, capability.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZAPLETALÍK, J. *Optimalizace měření a metod měření vybrané součásti.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 59 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Optimalizace měření a metod měření vybrané strojní součásti** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Jiří Zapletalík

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu prof. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. za vedení a konzultace při vypracování této diplomové práce. Za odborné rady a připomínky bych rád poděkoval pánům Michalovi Turkovi a Lukášovi Petlachovi a všem pracovníkům společnosti stoba Precizní Technika s.r.o.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 5
PODĚKOVÁNÍ 6
OBSAH 7
ÚVOD 9
1 METODY ŘÍZENÍ KVALITY PRODUKTU 10
1.1 Analýza možných způsobů a následků poruch (FMEA) 10
1.2 Moderní plánování kvality produktu (APQP) 11
1.3 Kontrolní plán 12
1.4 Statistická regulace procesu (SPC) 13
1.4.1 Kolísání procesu 14
1.4.2 Regulace a způsobilost procesu 16
1.4.3 Regulační diagramy 16
1.5 Analýza způsobilosti procesu 17
1.6 Analýza systému měření (MSA) 20
1.6.1 Metoda založená na průměru a rozpětí (Analýza GRR) 21
1.6.2 Metoda koeficientů C_g a C_{gk} (SPC Ford) 24
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU MĚŘENÍ 26
2.1 Stoba Precizní Technika s.r.o. 26
2.1.1 Výroba dílu Ventilplatte CP3 27
2.1.2 Výsledky výroby za rok 2015 31
2.2 Metody řízení kvality 32
2.2.1 Kontrolní plán 32
2.3 Statistická regulace procesu ve výrobě 33
2.3.1 Časová náročnost měření u jednotlivých výrobních operací: 35
2.3.2 Analýza způsobilosti procesu 36
2.4 Používaná měřidla a přístroje 37
2.4.1 SPC stanice pro CP3 38
2.4.2 Přístroje v metrologické laboratoři 39
2.4.3 Ostatní měřidla 42
2.5 Analýza systému měření 43
2.5.1 Hodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla 43
2.5.2 Hodnocení způsobilosti měřidla dle C_g a C_{gk} 46

3 NÁVRH DOPORUČENÉ METODIKY MĚŘENÍ 48
3.1 Kontrolní plán 48
3.2 Statistická regulace procesu 48
3.2.1 Q – DAS 48
3.2.2 Palstat CAQ 49
3.3 Měřicí přístroje 50
3.3.1 KEYENCE 50
4 DISKUSE 52
ZÁVĚR 54
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 57
SEZNAM PŘÍLOH 59

ÚVOD

V České republice je velká část strojírenské výroby zaměřena na automobilový průmysl, který je v současné době jedním z tahounů světové ekonomiky. Produkce automobilů každým rokem roste, a to klade vysoké nároky na objem výroby. Hledají se tak nové technologie a způsoby, jak výrobu zefektivnit a zlevnit. Jedním ze způsobů, jak toho dosáhnout, je začít u samotných dodavatelů a subdodavatelů, kteří dodávají své výrobky pro světové automobilky. Na dodavatele je vytvářen tlak, na co možná nejnižší cenu svého nabízeného produktu a jelikož je v této oblasti dosti tvrdé konkurenční prostředí, dodavatelé jsou nuceni na tyto ceny často přistoupit a hledat tak opatření právě u sebe.

Jedním ze způsobů, je zavedením sériové výroby a automatických linek. Nesmíme ale zapomenout i na kvalitativní hledisko, kdy jsou po společnostech požadovány mnoha tisícové série, v co možná nejlepším provedení, dle technické dokumentace. Kvalitně a co možná nejpřesněji vyrobené díly jsou důležité, s ohledem na spolehlivost výsledného produktu a také z důvodu snižování emisí a spotřeby pohonných hmot u automobilů. Tyto důvody jsou v dnešní době „ekologie a zdravého životního prostředí“ často zdůrazňovány. K možným způsobům jak toho docílit, je využití statistických metod, jako nástroje pro analýzu a následné vyhodnocení výrobního procesu s identifikováním nežádoucích vlivů na proces a celý proces následně přímo pomocí statistických metod řídit tak, aby se případným neshodám ve výrobním procesu předešlo. Tím bychom měli docílit snížení neshodných výrobků v procesu.

Společnost stoba Precizní Technika s.r.o., patří k dodavatelům pro přední světové firmy, jako jsou Bosh, Delphi, Cummins a další. Cílem této práce, by mělo být prověření procesů výroby dílu Ventilplatte CP3, znovu je zmapovat a pokusit se najít lepší možnosti měření a vyhodnocování tak, aby se celý proces zjednodušil, v rámci lean „štíhlého výrobního podniku“.

1 METODY ŘÍZENÍ KVALITY PRODUKTU

1.1 Analýza možných způsobů a následků poruch (FMEA)

FMEA je analytickou metodou, připravovanou před samotným zahájením realizace projektu (výroba prototypů, přípravků, nebo i samotných dílů), jenž má za cíl zajistit zohlednění a řešení potencionálních problémů, během všech životních fází produktu a procesu (počínaje vývojem, jdoucí přes výrobu jednotlivých komponent, montáž, používání koncovým uživatelem, až po ekologickou likvidaci po skončení životnosti). FMEA je živým dokumentem, který by v rámci životního cyklu produktu, neměl být nikdy uzavřen a založen jako hotový a kompletní. Použití FMEA znamená, zvážit veškeré aspekty, které mohou ovlivnit samotný vznik výrobku nebo jeho funkčnost a spolehlivost u zákazníka. Velký důraz by měl být kladen na kritické a s bezpečností související komponenty nebo procesy. FMEA patří mezi nedílné součásti managementu rizik a dbá na neustálé zlepšování. Z toho vyplývá, že FMEA je hlavním prvkem vývoje produktu a procesu. Pokročilé plánování kvality produktu (APQP), značí pět obecných oblastí zaměření, v tomto procesu vývoje [1]:

- plánování a definování programu,
- návrh a vývoj produktu,
- návrh a vývoj procesu,
- validace produktu a procesu,
- zpětná vazba, posuzování a opatření k nápravě.

FMEA můžeme rozčlenit na dvě oblasti. První oblastí je tzv. FMEA designu (návrhu) – DFMEA, její vyhotovení má být zahájeno před nebo při dokončení koncepce návrhu produktu, se zajištěním průběžných aktualizací dle výskytu změn v průběhu vývoje. Dokončena má být před uvolněním výkresové dokumentace. Podkladem pro vypracování DFMEA jsou požadavky zákazníka, koncepce návrhu, materiálové specifikace a podklady z vývoje (zkoušky, testy). Druhou oblastí je tzv. FMEA procesu (PFMEA). PFMEA se používá jako jeden z kroků při návrhu procesu a provádí se před posuzováním proveditelnosti. Podkladem pro vypracování PFMEA jsou zákaznické požadavky, DFMEA, specifikace a zkušenosti z předchozího vývoje podobných procesů. Výstupy z analýzy FMEA by se měly odrazit v nastavení kontrolních činností v celém

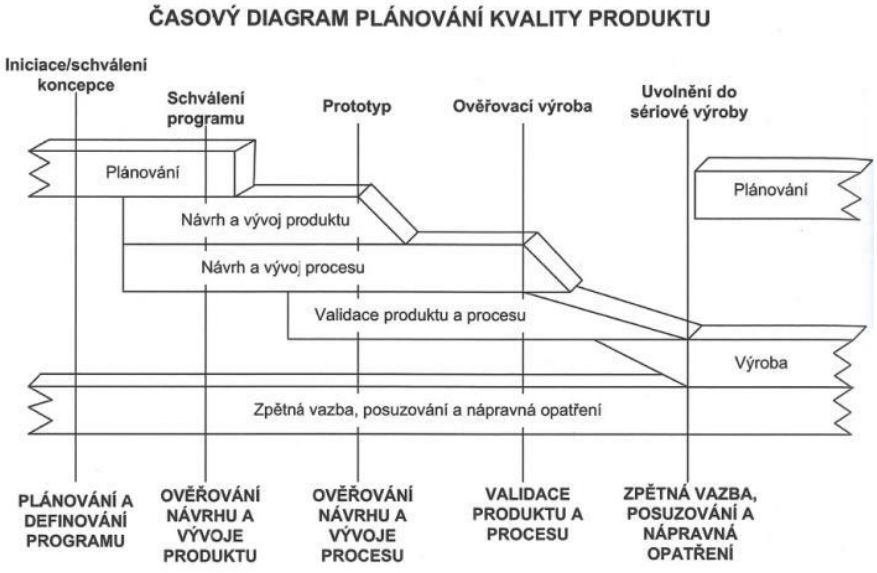
procesu výroby produktu a měly by předcházet vzniku problémů v procesu, a tím zamezit vzniku problémů (hlavně u velkosériové výroby) [2].

FMEA vznikla jako soubor standardů QS9000, s jednotným systémem dokumentace, pro dodavatele tzv. „Velké trojky“ tvořící Ford, Chrysler a General Motors. FMEA se dnes používá téměř po celém světě, vyjma německých výrobců, kteří používají lehce upravenou FMEU dle norem VDA.

1.2 Moderní plánování kvality produktu (APQP)

Plánování kvality produktu je jedna ze strukturovaných metod, vycházejících z norem QS9000, pomocí kterých se určují a stanovují kroky, nutné pro zabezpečení produktu zákazníkovi a splňující všechny jeho požadavky. Cílem plánování kvality produktu, je zlepšit komunikaci všech stran, zapojených do procesu řešení daného projektu, kteří se starají o včasné dokončení všech nutných kroků. Přínosy, vedoucí z plánování kvality produktu, jsou [3]:

- usměrnění zdrojů ke spokojenosti zákazníka,
- propagování včasné identifikace požadovaných změn,
- zamezení pozdním změnám,
- **dodávání kvalitního produktu včas, v požadovaném množství a za dohodnutou cenu.**



Obr. 1: Časový diagram plánování kvality produktu [3].

Výstupem z APQP, by měly být požadavky na zdroje (zaškolení pracovníků, zajištění nástrojů, měřidel a jiných výrobních zařízení). Dále by se také měly pojmenovat zvláštní znaky produktu a procesu.

1.3 Kontrolní plán

Podle terminologie normy ISO/TS 16949:2009, se jedná o dokumentovaný popis systémů a procesů, nutných pro řízení produktu. Kontrolní plán je tedy dokument, který přesně stanovuje: kdo, co, jak, čím a jak často má kontrolovat, kam má zapsat zjištěný stav a jak má následně reagovat. Kontrolní operace můžou být i součástí technologického postupu nebo postupu výroby, ten pak obsahuje soupis všech výrobních a kontrolních operací tak, jak jsou na produktu prováděny během jeho výroby. Pokud firma vyrábí pro **automobilový průmysl**, vytváří kontrolní plán jako samostatný dokument, a to z těchto důvodů [4]:

1) požadavek normy ISO/TS 16949:2009, která také stanovuje požadavky na jeho obsah,
2) technologický postup může obsahovat i know-how firmy, které není možné pouštět mimo výrobní prostory (souvisí s následujícím bodem),
3) zákazník vyžaduje předložení kontrolního plánu ke schválení, např. v rámci PPAP.

Existují tři základní typy kontrolního plánu. První se vytváří tzv. **prototypový** kontrolní plán, který slouží pro ověření nově vyvíjeného výrobku a obsahuje všechny kontrolní operace. Jako druhý se sestavuje **předsériový** kontrolní plán, ten obsahuje více operací než sériový, a slouží k ověření výrobních podmínek. Nakonec se vyhotoví **sériový** kontrolní plán, který je určen pro výrobky, které úspěšně prošly ověřením výrobních podmínek [4].

Tvorba kontrolního plánu

Prvním podkladem pro tvorbu kontrolního plánu je postupový diagram výrobku, který obsahuje výrobní i kontrolní operace. Dalším podkladem jsou výstupy z FMEA. Mezi nejdůležitější podklady patří i požadavky zákazníka, který může vyžadovat měření určitých charakteristik s požadovanou četností [4].

1.4 Statistická regulace procesu (SPC)

Statistická regulace procesu je překlad z anglického spojení Statistical process control, odtud zkratka SPC. Je chybou překládat SPC jako Statistická kontrola procesu. Mezi slovy kontrola a regulace je totiž velký rozdíl. Kontrola pozoruje a regulace zasahuje. Regulace obsahuje opatření, které se provede tehdy, když kontrola nevychází. Kontrola je pasivní pozorování, naopak regulace je aktivní ovlivňování. SPC se používá zejména tam, kde jinými metodami nejsme schopni nastavit a udržet výrobní proces na námi požadované stabilní úrovni variability tak, abychom zajistili shodu výrobků dle specifických požadavků. Největší uplatnění má SPC v procesu, který má hromadný nebo sériový charakter (velká část automobilového průmyslu). Další oblastí můžou být procesy, jež jsou z nějakého důvodu významné (bezpečnostní prvky,…) [5].

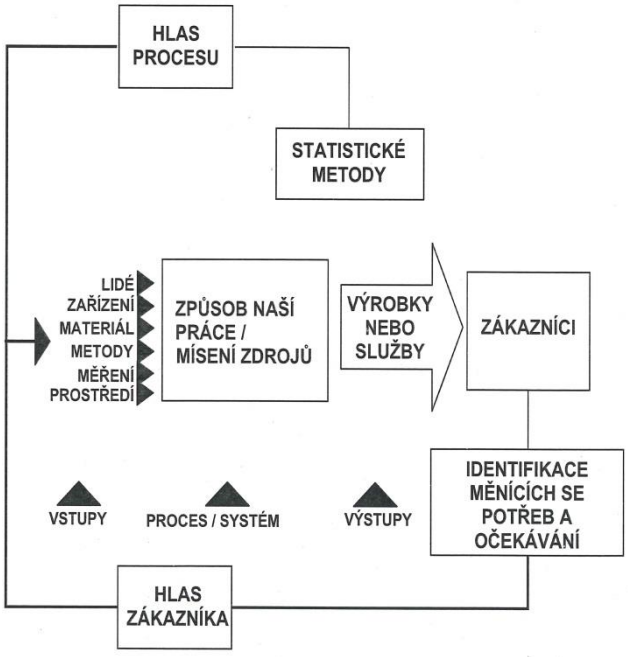
Vytvoření výrobku závisí v mnoha případech na výrobě, která ten daný výrobek vyrábí a poté na účinném řízení jakosti, aby výrobky zkontrolovala a následně vyřadila ty, které neodpovídají požadovaným specifikacím. Tento postup se nazývá detekce, ale je nehospodárný, protože umožňuje vynaložit čas, materiál a prostředky na výrobu výrobků, které nelze vždy použít. Účinnější metodou je zmetkovitosti předcházet a to tak, že přestaneme produkovat nepoužitelný výstup – tzv. strategie prevence. Systém regulace procesu je jedním z několika zpětnovazebních systémů, které můžou i nemusí mít statistický charakter. Pro samotný systém jsou důležité tyto čtyři prvky [6]:

1) **Proces -** Pod pojmem proces je schována kombinace dodavatelů, výrobců, lidí, zařízení, metod a prostředí, tedy všech prvků, které se společně podílí na výstupu procesu. Dále také zákazníků, kteří výstupy z procesu používají. Výsledný výkon procesu je závislý na komunikaci mezi dodavatelem a zákazníkem, také na způsobu, jakým byl navržen a v neposlední řadě, jak funguje a jak je řízen. SPC je užitečné, pouze pokud přispívá k udržení úrovně procesu nebo k celkovému zlepšení výkonnosti procesu.
2) **Informace o výkonu -** Množství informací o výkonnosti procesu je získáno studiem výstupů z procesu. Nejužitečnější informace o výkonnosti procesu ale získáme z dokonalé znalosti procesu a jeho vnitřní variability. Určíme-li cílové hodnoty pro charakteristické znaky procesu (např.: teplota, rychlost zásobování, zpoždění, doba cyklu,…), které jsou důležité pro co možná nejproduktivnější chod

procesu a následným monitorováním těchto znaků, získáme informaci, zda proces pracuje obvyklým nebo neobvyklým způsobem. Je-li potřeba provést opatření, mělo by být včasné a přiměřené, jinak je efekt ze získané informace promarněn.

3) **Opatření v procesu** – Je zpravidla nejekonomičtější, působí především preventivně a se snahou zabránit příliš velkému kolísání a odchylování se od požadovaných cílových hodnot. Mezi tyto opatření patří změny v operacích (výcvik operátora, změna ve vstupním materiálu) a změny v prvcích samotného systému (zařízení, komunikace lidí a jejich vztahy,…).

4) **Opatření na výstupu** – Opatření na výstupu z procesu je velice často nejméně ekonomické, pokud se omezí jen na detekci a opravu výrobku, který neodpovídá specifikaci bez řešení daného problému v procesu. Pokud výrobek na výstupu z procesu nesplňuje požadavky zákazníka, je nezbytné třídit všechny výrobky a každý neshodný opravit nebo vyřadit jako neshodný.



Obr. 2: Systém regulace procesu [6].

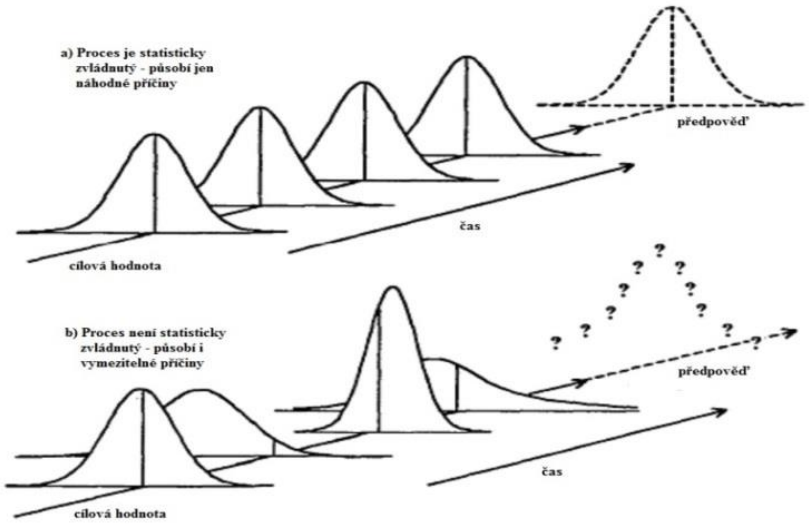
1.4.1 Kolísání procesu

Jakékoli dvě hodnoty procesu nejsou vždy stejné. Na každý proces působí mnoho okolních vlivů (zdrojů kolísání). Mezi výrobky mohou být velké rozdíly nebo mohou být neměřitelně malé, ale vždy existují.[6].

Pouze určité zdroje kolísání vytváří krátkodobé rozdíly v procesu (od jednoho dílu ke druhému). Další zdroje kolísání zapříčiňují odchylky na výstupu jen v delším časovém intervalu. Na tyto rozdíly můžeme narazit pozvolna (opotřebení nástroje nebo zařízení), skokovitě (změna v procesu) nebo nepravidelně (změny okolního prostředí). Z toho lze usoudit, že časová perioda a okolní prostředí (během kterého je měření prováděno) jsou pro proces kritické, protože mají nepřímo za následek velikost kolísání, které pozorujeme [7].

Naměřené hodnoty se od sebe vzájemně liší a vytváří určitý obrazec, ten jde popsat jako rozdělení. Charakterizovat toto rozdělení můžeme jako parametr polohy (střední hodnota), parametr rozptýlení (rozpětí, rozdíl největší a nejmenší hodnoty) a parametr tvaru (symetričnost, šikmost). Problém kolísání je obvykle zjednodušen na součásti přijatelné (uvnitř tolerančního pole) a nepřijatelné (mimo toleranční pole). Pro zvládnutí procesu a snížení jeho kolísání je nutné vystopovat kolísání až k jeho zdroji. Důležité je odlišit náhodné a zvláštní příčiny kolísání [5]:

- **Náhodné příčiny** – jsou trvale působící zdroje kolísání v procesu. Jejich působení v čase je stabilní a má za následek opakující se rozdělení pravděpodobnosti pozorovaného znaku jakosti. Stav takového procesu nazýváme *„statisticky zvládnutý stav procesu“*. Pokud se v procesu objevují pouze náhodné příčiny, které se nemění, je výstup z procesu predikovatelný.
- **Zvláštní příčiny** – Jedná se o příčiny působící obvykle nepředvídatelně a přerušovaně. Zvláštní příčiny kolísání by měly být všechny identifikovány, protože mohou pokračovat v ovlivňování výstupu z procesu nepředvídatelnými způsoby. Když jsou v procesu přítomny tyto příčiny, je proces v čase nestabilní.



Obr. 3: Vliv kolísání na predikci procesu [8].

1.4.2 Regulace a způsobilost procesu

Způsobilost procesu je stanovena kolísáním, které je vyvoláno jen náhodnými příčinami. To reprezentuje nejlepší výkon samostatného procesu. Tento stav ukazuje, zda je proces ve statisticky zvládnutém stavu. Zákazníci se spíše zaměřují na výkonnost procesu a celkový výstup z procesu a jak se shoduje s požadavky, které jsou určené technickou specifikací bez ohledu na kolísání procesu [6].

Tab. 1: Statistická regulace [6].

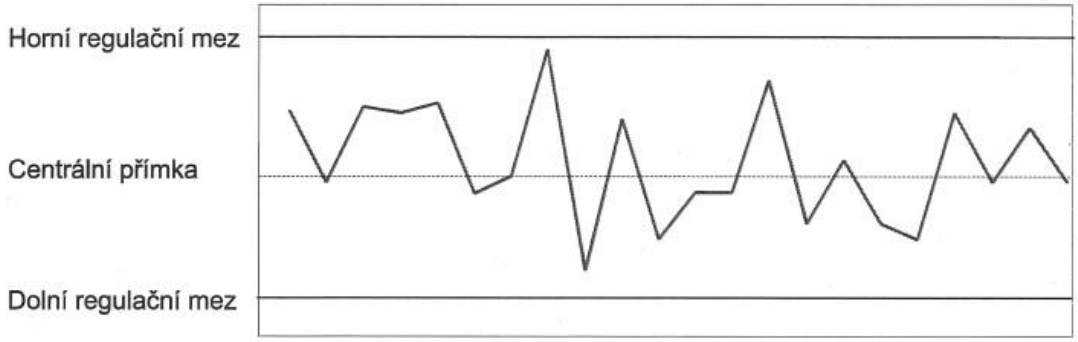
		Stav statisticky zvládnutý	**Stav statisticky nezvládnutý**
Způsobilost	**Přijatelná**	Stav 1	Stav 3
	Nepřijatelná	Stav 2	Stav 4

1.4.3 Regulační diagramy

Regulační diagramy slouží k monitorování a vyhodnocování procesu. Existují dva typy regulačních diagramů, první sleduje kvantitativní data a druhý data kvalitativní. Mezi kvantitativní řadíme data s diskrétním charakterem (vyhovuje / nevyhovuje) a používáme pro ně regulační diagramy při kontrole srovnáním. Mezi kvalitativní naopak řadíme data se spojitým charakterem (průměr, délka), zde používáme regulační diagramy při kontrole měřením. Každý typ má v sobě další kombinace, které je možno využít pro hodnocení procesu [5].

K nejčastěji používaným regulačním diagramům patří diagramy pro průměr ($\bar{X}$) a rozpětí (R), pro individuální hodnoty (I) a klouzavé napětí (MR), které vychází z regulačních diagramů při kontrole měřením. Diagramy, jež vychází z počítání neshodných kusů, nebo neshod (p, np, c, u- diagramy) řadíme k diagramům při kontrole srovnáním. Regulační diagram se skládá z centrální přímky (CL - Central line), dolní regulační meze (LCL – Lower control line) a horní regulační meze (UCL – Upper control line). Centrální přímka určuje požadovanou hodnotu a regulační meze vymezují působení náhodných příčin (vzdálenost regulačních mezí je plus mínus 3 směrodatné odchylky od centrální přímky) [7].

Zásahy do procesu je nutné provést, pokud sledované hodnoty opakovaně vyskytují mimo regulační meze. To indikuje, že na proces začala působit zvláštní příčina, kterou je nutno identifikovat a odstranit. Před zavedením regulačních diagramů je nutné připravit vhodné prostředí pro SPC, definovat proces a určit znaky jakosti, které mají být sledovány (potřeby zákazníka, možné problémy) [6].



Obr. 4: Regulační diagram pro průměr [6].

1.5 Analýza způsobilosti procesu

V automobilovém průmyslu je běžné určovat způsobilost procesu pouze, pokud je proces ve statisticky zvládnutém stavu. Výsledky jsou poté použity pro predikci výkonu procesu. Bylo by bezcenné vytvářet predikce, jež jsou založeny na datech, která byla získána z procesu, který není stabilní ani opakovatelný v čase [5].

Pro popsání procesu nemůžeme použít pouze jeden ukazatel. Z tohoto důvodu bylo zavedeno několik různých ukazatelů, protože neexistuje žádný univerzální. Například je obecně doporučováno používat oba ukazatele C_p i C_{pk} (viz dále) a také je zkombinovat s grafickým znázorněním. Veškeré ukazatele mohou být zavádějící, závěry odvozené

z vypočítaných ukazatelů by měly být opřeny o odpovídající interpretaci dat, prostřednictvím kterých byly vypočteny [6].

Automobilové společnosti si určily požadavky pro způsobilost procesu. Je na každém uživateli, aby se svými zákazníky komunikoval a určil, na jaké ukazatele procesů se mají zaměřit. V některých specifických případech je mnohdy nejlepší nepoužívat vůbec žádný ukazatel [5].

Termíny spojené s procesem [6]:

- *Inhertní kolísání procesu* - část kolísání, která bývá vyvolána pouze náhodnými příčinami.
- *Kolísání uvnitř podskupin (σ_c)* - část kolísání vyvolána uvnitř podskupin. Je dobrým odhadem inherentního kolísání procesu ve statisticky zvládnutém stavu a můžeme jej určit z regulačních diagramů:

$$\sigma_c = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{s}}{c_4} \tag{1.1}$$

- *Celkové kolísání (σ_P)* – zahrnuje v sobě kolísání uvnitř podskupin i kolísání mezi podskupinami. Toto kolísání je možné odhadnout výběrovou směrodatnou odchylkou s vypočítanou ze všech čtení získaných z regulačního diagramu, nebo z analýzy. Odhad celkového kolísání je dán vztahem:

$$\sigma_P \approx s = \sqrt{\sum_{i}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{1.2}$$

Ukazatele pro oboustranné mezní hodnoty [6]:

- **C_P** – je dlouhodobý ukazatel způsobilosti, který porovnává způsobilost procesu s maximálním kolísáním procesu daným tolerančním polem. Určuje, jak dobře proces splňuje požadavek na variabilitu. Ukazatel není ovlivněn polohou procesu a jde jej určit jen v případě předepsání obou mezních hodnot. Ukazatel C_p se vypočítá pomocí vzorce:

$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6\frac{\bar{R}}{d_2}} \tag{1.3}$$

- **C_{pk}** – určuje také dlouhodobou způsobilost procesu, avšak přihlíží i k poloze procesu. Při předepsání oboustranných mezních hodnot je C_{pk} nejvýše rovno C_P ($C_P \geq C_{pk}$). Rovnost nastává pouze u centrovaného procesu. Ukazatel C_{pk} se určí, jako menší hodnota z hodnot CPU a CPL.

$$CPU = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\frac{\bar{R}}{d_2}} \tag{1.4}$$

$$CPL = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\frac{\bar{R}}{d_2}} \tag{1.5}$$

Je všeobecně doporučeno vyhodnocovat a analyzovat ukazatele C_{pk} a C_P vždy současně. Pokud je hodnota ukazatele C_P větší než hodnota C_{pk} ukazuje to na příležitost ke zlepšení centrování procesu.

- **P_P –** jedná se o ukazatel krátkodobé výkonnosti procesu. Porovnává výkon procesu s maximálním přípustným kolísáním v tolerančním poli. Vyjadřuje míru, jak dobře proces splňuje požadavek na kolísání procesu. Poloha procesu nemá žádný vliv na hodnotu P_P. Ukazatel P_p se vypočítá pomocí vzorce:

$$P_P = \frac{USL - LSL}{6\sigma_P} = \frac{USL - LSL}{6s} \tag{1.6}$$

- **P_{pk}** – jde rovněž o ukazatel krátkodobé výkonnosti procesu, avšak přihlíží i k poloze procesu. V případě předepsání oboustranných mezních hodnot se P_{pk} nejvýše rovná hodnotě P_P ($P_{pk} \leq P_P$). P_{pk} je menší z hodnot PPU a PPL, kde:

$$PPU = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma_P} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3s} \tag{1.7}$$

$$PPL = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma_P} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3s} \tag{1.8}$$

Ukazatele P_P a P_{pk} by se také měly vyhodnocovat a analyzovat zároveň. V případě, že je hodnota P_P větší než hodnota ukazatele P_{pk}, nastává prostor ke zlepšení centrování procesu. U statisticky zvládnutého procesu je hodnota způsobilosti procesu velmi blízká hodnotě výkonnosti procesu. Při velkém rozdílu hodnot mezi ukazateli C a P jsou v procesu přítomny zvláštní příčiny.

Ukazatele pro jednostranné mezní hodnoty [6]:

- C_{pk} – ukazatel způsobilosti, který přihlíží i na polohu procesu. Při předepsaní pouze jedné mezní hodnoty. Ukazatel má přímou spojitost k podílu neshodných jednotek vyrobených procesem. Rovná se CPU nebo CPL, záleží na předpisu mezní hodnoty.

$$CPU = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}} \tag{1.9}$$

$$CPL = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}} \tag{1.10}$$

- Ppk – ukazatel, který je také vztažen k podílu neshodných jednotek vyrobených procesem. Rovná se PPU nebo PPL, podle předpisu mezní hodnoty. Často se využívá značení P_{pku} nebo P_{pkl} v závislosti na předepsaných mezích.

$$PPU = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3s} \tag{1.11}$$

$$PPL = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3s} \tag{1.12}$$

1.6 Analýza systému měření (MSA)

Statistické metody zpracovávají naměřená data. Tyto data jsou na počátku statistického měření a automaticky u nich předpokládáme, že bylo měřeno správně a naměřené hodnoty odpovídají skutečným. Ale právě tyto hodnoty se liší. Odchylka těchto hodnot je různě velká, z tohoto důvodu můžou být další výpočty zavádějící. Z tohoto

důvodu se provádí prověření systému měření, a to na základě interních, ale i především externích požadavků od zákazníků. Analýza systému měření (dále jen MSA) je soupis postupů k vyhodnocení nastaveného systému měření. Byla vyvinutá pro automobilový průmysl, ale pro svou univerzálnost a praktičnost se používá i v jiných odvětvích průmyslu. MSA se používá jak pro hodnocení měřidla, tak pro hodnocení systému měření. Analýzu lze provádět řadou metod, nejčastěji to jsou [8]:

- metoda založená na rozpětí,
- metoda ANOVA (analýza rozptylu),
- metoda založená na průměru a rozpětí.

1.6.1 Metoda založená na průměru a rozpětí (Analýza GRR)

V praxi se používá především určování opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (R & R). Opakovatelnost je závislá na vlastnostech měřidla (zjišťuje, zda měřidlo měří pořád stejně) naopak reprodukovatelnost je závislá na osobě, která provádí měření. Pro analýzu těchto ukazatelů je doporučováno použití metody průměru a rozpětí [9]:

- **Opakovatelnost -** opakovatelnost je variabilita měření získaných jedním měřicím přístrojem, který byl použit několikrát stejným operátorem pro měření identického znaku na stejném dílu. Opakovatelnost se běžně nazývá variabilitou zařízení (EV).
- **Reprodukovatelnost –** je definována jako variabilita průměru a měření získaných různými operátory za použití stejného měřicího přístroje při měření totožného znaku na stejném dílu. To často platí pro ruční přístroje ovlivněné odborností obsluhy. Neplatí to pro procesy měření, u kterých není obsluha hlavním zdrojem variability.

Výpočtové vztahy [10]:

Výběrový aritmetický průměr - $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{1.15}$$

Výběrové rozpětí – R

$$R = x_{max} - x_{min} \tag{1.16}$$

Průměrné rozpětí - $\bar{\boldsymbol{R}}$

$$\bar{R} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_i \tag{1.17}$$

Průměr všech rozpětí - $\bar{\bar{\boldsymbol{R}}}$

$$\bar{\bar{R}} = \frac{(\overline{R_a} + \overline{R_b} + \overline{R_c})}{počet\ operátorů} \tag{1.18}$$

Horní regulační mez – $\boldsymbol{UCL_R}$

$$UCL_R = \bar{\bar{R}} \cdot D_4 \tag{1.19}$$

D_4 – hodnota, která je pro 2 měření rovna 3,27 a pro 3 měření se rovná 2,58.

Dolní regulační mez - $\boldsymbol{LCL_R}$

$$LCL_R = \bar{\bar{R}} \cdot D_3 \tag{1.20}$$

D_3 – hodnota, která je při méně než sedmi měření rovna nule.

*Opakovatelnost – variabilita zařízení (**EV**)*

$$EV = \bar{\bar{R}} \cdot K_1 \tag{1.21}$$

K_1 – hodnota, která závisí na počtu měření pro 2 měření je rovna 0,8862 a 0,5908 pro 3 měření.

Reprodukovatelnost – variabilita operátora ***AV***

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \cdot K_2) - \left(\frac{EV^2}{n \cdot r}\right)} \tag{1.22}$$

K_2 – hodnota, která závisí na počtu operátorů pro 2 operátora je rovna 0,7071 a 0,05231 pro 3 operátory.

Opakovatelnost a reprodukovatelnost ***GRR***

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \tag{1.23}$$

Variabilita dílu ***PV***

$$PV = R_p \cdot K_3 \tag{1.24}$$

K_3 – hodnota, která závisí na počtu měřených dílů, pro 10 dílů je rovna 0,3146.

Celková variabilita ***TV***

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \tag{1.25}$$

Počet různých kategorií – ***ndc***

$$ndc = 1{,}41 \cdot \left(\frac{PV}{GRR}\right) \tag{1.26}$$

Výsledná hodnota se zaokrouhluje na celé číslo směrem dolů.

Podíl celkové variability

$$EV_{proc} = 100 \cdot \frac{EV}{TV} \tag{1.27}$$

$$AV_{proc} = 100 \cdot \frac{AV}{TV} \tag{1.27}$$

$$PV_{proc} = 100 \cdot \frac{PV}{TV} \tag{1.28}$$

$$GRR_{proc} = 100 \cdot \frac{GRR}{TV} \tag{1.29}$$

Vyhodnocení analýzy GRR

Tab. 2: Vyhodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla GRR [10].

GRR_{proc}	**Rozhodnutí**	**Komentář**
méně než 10 %	přijatelný systém měření	Pro zpřísněnou regulaci procesu, nebo pro třídění a klasifikování dílů
10 % až 30%	podmíněně přijatelný systém měření	Mělo by být schváleno zákazníkem, zlepšení by mělo vycházet z nákladů na přepracování a z důležitosti měření
více než 30%	nepřijatelný systém měření	Je nutné zlepšení systému měření za pomocí vhodné strategie měření

Tab. 3: Počet různých kategorií (ndc) [11].

ndc	Rozhodnutí	Komentář
1	pouze ukazuje, pokud proces produkuje shodné nebo neshodné díly	Lze použít, pouze pokud variabilita procesu je malá v porovnání se specifikacemi a hlavní zdroj variability způsobuje průměrné hodnoty
2-4	nepřijatelná pro odhad parametrů a ukazatelů procesu, umožňuje pouze hrubé odhady	Lze použít u metody řízení, kdy se výrobky třídí v souladu s rozdělením procesu
5 a více	doporučuje se	Lze použít u regulačních diagramů proměnných

1.6.2 Metoda koeficientů C_g a C_{gk} (SPC Ford)

Koeficienty C_g a C_{gk} slouží k hodnocení kvality měřidel z hlediska přesnosti. Analýza se provádí na reálném výrobku, který v tomto případě má roli „etalonu“. Samotná metoda pracuje na opakovaném měření hodnoty etalonu, určení rozptylu a následném porovnání tohoto rozptylu s částí tolerančního pole. Obvyklá hodnota je 15% nebo 20% tolerančního pole. Měření provádí jeden pracovník nebo skupina pracovníků.

Výpočtové vztahy [11]:

Výběrový průměr výsledků měření - $\boldsymbol{x_g}$

$$x_g = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i} \tag{1.30}$$

Výběrová směrodatná odchylka - $\boldsymbol{s_g}$

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x}_g)^2} \tag{1.31}$$

*Tolerance rozměru – **T***

$$T = HMR - DMR \tag{1.32}$$

Index způsobilosti - $\boldsymbol{C_g}$

$$C_g = \frac{0{,}2 \cdot T}{6 \cdot s_g} \tag{1.33}$$

Kritický index způsobilosti - $\boldsymbol{C_{gk}}$

$$C_{gk} = \frac{0{,}1 \cdot T - \left|\bar{x}_g - x_m\right|}{3 \cdot s_g} \tag{1.34}$$

Vyhodnocení způsobilosti měřidla

Měřidlo je způsobilé v případě, kdy koeficienty C_g a C_{gk} jsou větší jak hodnota 1,33. Opět zde může být požadavek od zákazníka, aby byla způsobilost vyšší (např. často užívaná je hodnota 1,67).

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU MĚŘENÍ

2.1 Stoba Precizní Technika s.r.o.

Společnost pochází ze srdce švýcarského hodinářského průmyslu v Grenchenu, kde byla založena v roce 1898 panem Michelem, jako malá opravna a výroba kovových dílů. Společnost se následně přeorientovala na výrobu komponent do hodinek. V těsném sousedství sídlí společnosti jako Rolex, Rado, Omega, Breitling a jiné. Část své historie byla společnost součástí skupiny Swatch.

V roce 2013 byla otevřena pobočka v Brně (Michel Precizní Technika s.r.o.), kam se přesunula část výroby z mateřského podniku v Grenchenu. V současné době má společnost cca 130 zaměstnanců, kteří na ploše 5000 m^2 vyrábí až 37 typů výrobků. Výroba bude nadále rozšiřována a navyšována o nové projekty. V roce 2016 byla brněnská část společnosti Michel prodána německé společnosti stoba a od 1. 4. 2016 vystupuje na trhu jako *stoba Precizní Technika s.r.o.*

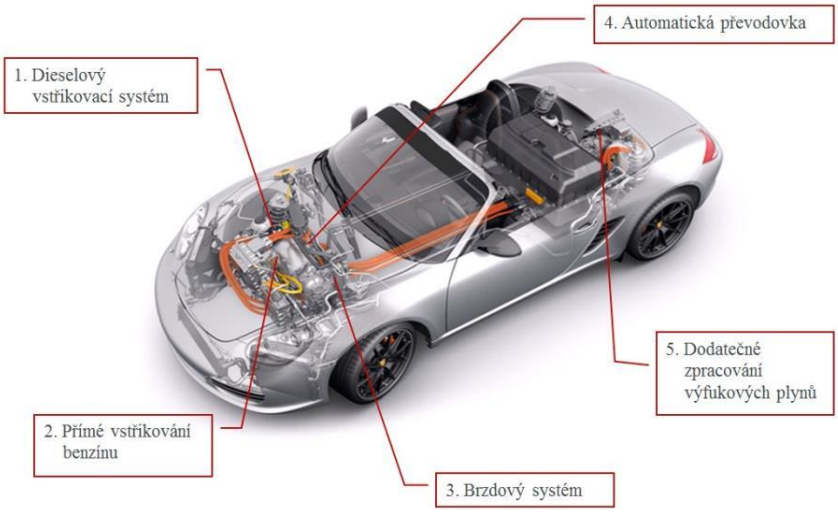
Produkty

Výrobky společnosti *stoba* spadají do 3 základních skupin:

1) hodinářský průmysl,
2) zdravotnický průmysl,
3) **automobilový průmysl.**

Obr. 5: Výrobky *stoba Precizní Technika s.r.o.*

Nejdůležitější je skupina automobilového průmyslu, kde se společnost prezentuje jako specialista ve výrobě miniaturních dílů o vysoké přesnosti. Společnost dodává komponenty do předních světových firem, jako jsou Bosch, Delphi, Cummins a Magneti Marelli.



Obr. 6: Oblasti výskytu dílů vyráběných ve společnosti *stoba Precizní Technika s.r.o.* [12].

2.1.1 Výroba dílu Ventilplatte CP3

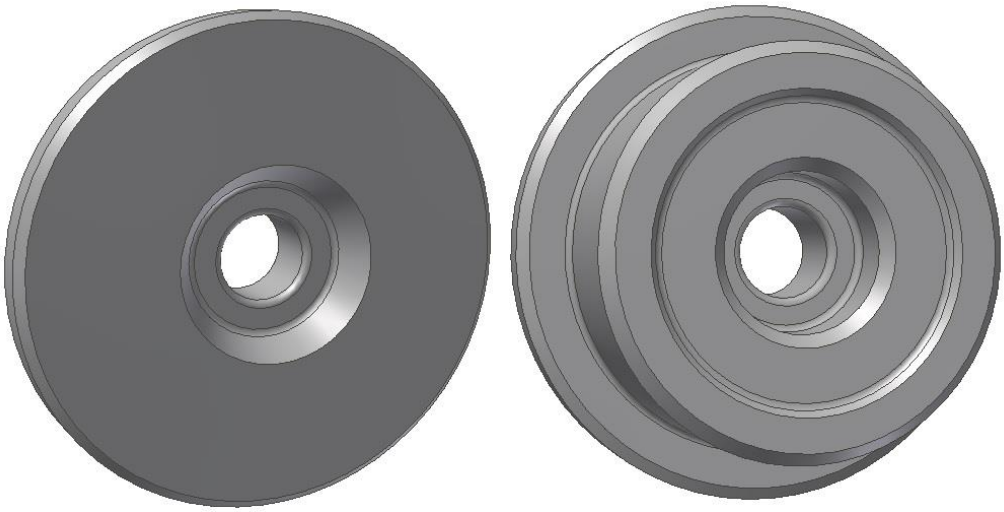
Díl Ventilplatte CP3 je jedním ze stěžejních výrobků společnosti *stoba Precizní Technika s.r.o.* Vyrábí se v 5 variantách dle požadavků firmy Bosch.

Výroba dílu CP3 začíná vstupní kontrolou dodaného polotovaru. Tím jsou ocelové tyče válcované za tepla o délce 3 000 mm, které jsou poté žíhány naměkko a nakonec jsou loupány. Ve vstupní kontrole materiálu je zahrnuta vizuální kontrola tyčí, během které jsme schopni odhalit povrchové kvalitativní vady. Další důležitou kontrolou je kontrola obvodového házení (tolerance 0,5mm). Mezi další prováděné kontroly patří měření průměrů, vyhodnocování chemického složení materiálu a tvrdosti.

Soustružení/ vrtání

Obrábění probíhá na vícevřetenovém soustruhu Tornos Multideco 20/6. Jako příslušenství se používá podavač Robobar MSF 522/2. Během tohoto obrábění získá výrobek svůj základní tvar. Tato výrobní operace se interně nazývá měkké obrábění. Operátor zde provádí vizuální kontrolu a základní měření, s následným zanesením vybraných rozměrů do programu SPC IQS, kde probíhá sledování způsobilosti procesu. Další měření probíhá v metrologické laboratoři, na elektricky řízených strojích. Po

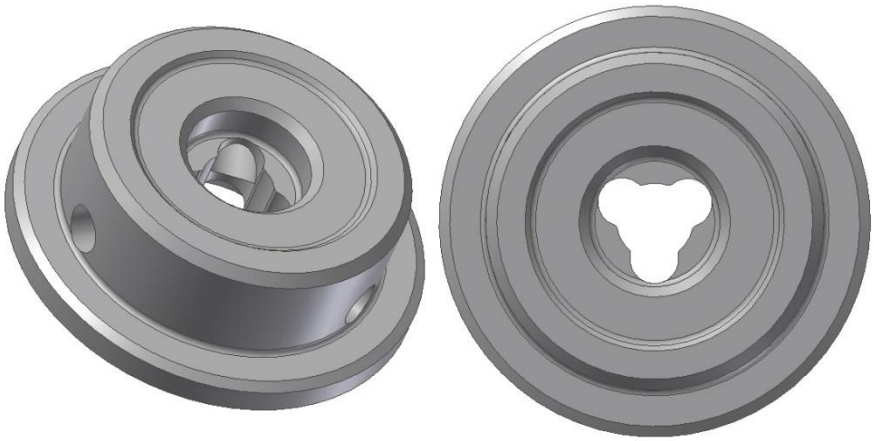
vyrobení výrobní dávky, putují hotové výrobky na mycí linku, zde proběhne umytí od provozních kapalin a následné vysušení pro použití výrobní dávky na další operaci.



Obr. 7: Ventilplatte CP3 po první operaci.

Frézování/ vrtání

Další výrobní operací je vyvrtání obvodových děr a vyfrézování / vyvrtání vnitřní kontury do předvrtané díry (v závislosti na typu CP3). Tyto operace se provádí na strojích Ketterer Vollma-Matic, Technika T10 a T8, Tsugami VA 1E-II a Rotaflex. Operátor provádí vizuální kontrolu (dovrtání děr), měření výšky vyvrtané díry a na profil projektoru kontrolu vnitřní kontury. Tato výrobní operace není zahrnuta do SPC systému. Po provedení všech operací putují díly zpět na mycí linku, kde proběhne opětovné umytí dílů od provozních kapalin a následná konzervace pro ochranu proti korozi. Poté putuje výrobní dávka do kooperace.



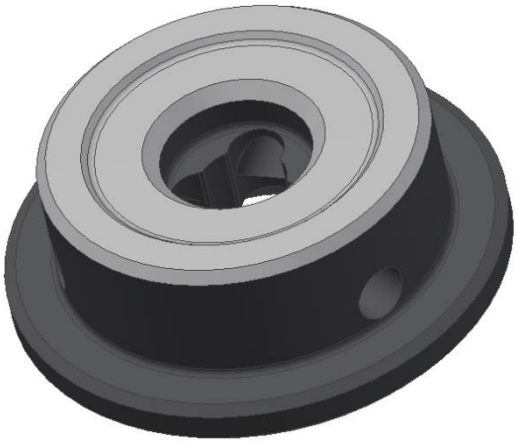
Obr. 8: Ventilplatte CP3 po frézování a vrtání.

Technologické operace

V kooperaci se provádí chemické odjehlení a kalení. Díly se kalí na hodnotu tvrdosti přesahující 60 HRC. Po kalení jdou díly opět na mycí linku a následně probíhá pískování.

Finální soustružení v tvrdém stavu

Poslední výrobní operací je soustružení v tvrdém stavu a bez použití řezných nebo chladicích kapalin. Zde jsou obrobeny funkční plochy dle technické dokumentace. Výroba probíhá na jednovřetenovém soustruhu Kummer K90 Micron. Operátor provádí opět základní měření u stroje a další měření probíhá v metrologické laboratoři. Naměřené hodnoty vybraných rozměrů se zapisují do programu SPC IQS. Na výstupu ze stroje se provádí sto procentní kontrola pomocí zařízení Marpos a následně jsou dobré díly konzervovány a automaticky pomocí robotických ramen ukládány do připravených blistrů.



Obr. 9: Finální podoba Ventilplatte CP3.

Výroba dílu Ventilplatte CP3 trvá poměrně dlouho. Výsledný díl se všemi operacemi, jak výrobními tak technologickými, vznikne za dva a půl až 3 měsíce. Tato dlouhá doba je způsobena především prováděním některých technologických operací v zahraničí - v kooperaci (chemické odjehlení a kalení).

Výstupní kontrola

Výstupní kontrola probíhá u každé dokončené zakázky, kdy pracovnice výstupní kontroly dle předepsaných procedur náhodně vybere určité procento dílů a ty jsou zkontrolovány.

Tab. 4: Tabulka pro počet kontrolovaných kusů z dávky [12].

Velikost kontrolované doručené dávky [ks]	Testovací prostředek	Klíčové charakteristické znaky - na výkrese definované symbolem Zepeline		Ostatní charakteristické znaky	
		n (normální)	z (zpřísněné)	n (normální)	z (zpřísněné)
5000	PM1	100	150	100	150
	PM2	25	35	15	25
	PM3	10	15	5	10
	PM4	3	4	2	3
10000	PM1	200	300	200	300
	PM2	50	70	30	50
	PM3	20	30	10	20
	PM4	5	7	3	5
15000	PM1	300	450	300	450
	PM2	75	105	45	75
	PM3	30	45	15	30
	PM4	8	11	5	8
20000	PM1	400	600	400	600
	PM2	100	140	60	100
	PM3	40	600	20	40
	PM4	10	14	6	10

Testovací prostředky:

- PM1: mikroskop,
- PM2: kalibr, kalibrační kroužek,
- PM3: mikrometr, horizontální délkoměr, výškoměr, dutinoměr,
- PM4: kruhoměr, souřadnicový měřící stroj, profil projektor, drsnoměr, konturoměr.

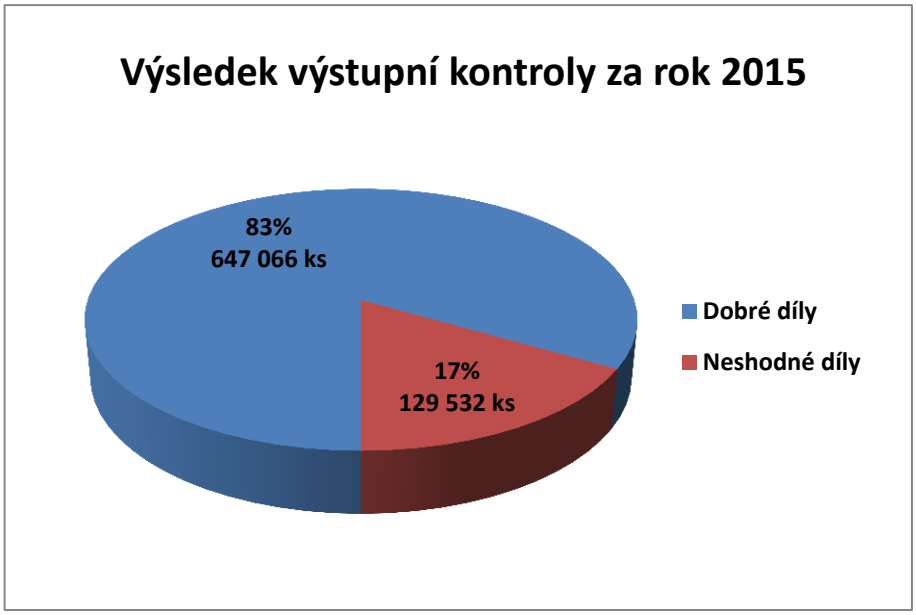
Běžně probíhá testování dle sloupce „normální“, avšak při zjištěných neshodách nebo zákaznických reklamacích se přejde na zpřísněné testování. Zpřísněné testování je následně prováděno až do zrušení manažerem kvality, na základě ověřených nápravných opatření.

Nejdříve se vždy provádí vizuální kontrola pod mikroskopem **(velice důležitá, velké procento vad se odhalí právě vizuální kontrolou)**. Vizuální vady jsou vyhodnocovány dle interního katalogu chyb (některé příklady chyb viz Příloha 10), ve kterém jsou dané chyby podrobně popsány. Dále jsou provedeny zbylá kontrolní měření, se zapsáním hodnot do výstupního protokolu.

2.1.2 Výsledky výroby za rok 2015

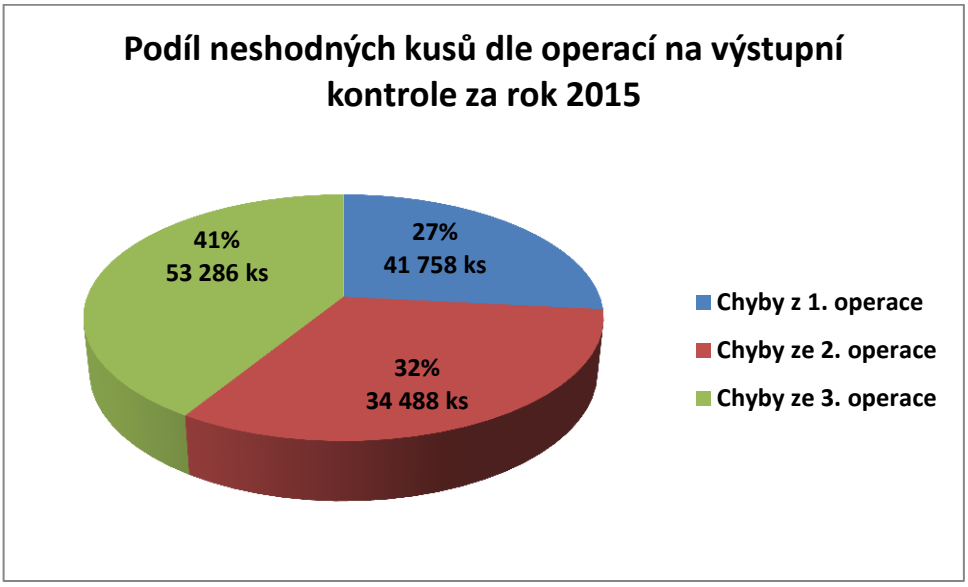
V roce 2015 pokračoval postupný přesun výroby z mateřského podniku v Grenchenu a také nabírání nových zaměstnanců a jejich zaučování. To vše se odrazilo na výsledcích výroby dílu Ventilplatte CP3.

Celým procesem výroby prošlo v roce 2015 celkem 776 598 dílů Ventilplatte CP3. Z toho ovšem plných 17% (viz Obr. 10) bylo vyhodnoceno jako neshodné díly. Bylo velkou chybou, že se takové množství kusů nepodařilo zachytit již během výroby a prošly celým výrobním procesem.



Obr. 10: Výsledek z výstupní kontroly za rok 2015.

Velké procento neshodných dílů vzniklo v průběhu celého výrobního procesu a podle charakteru chyby lze určit, při které výrobní operaci chyba vznikla. Procentuální podíl na neshodných dílech je znázorněn na následujícím obrázku (Obr. 11). Mezi nejčastější chyby způsobené první operací patří poškození obrobené plochy (poškození mohlo vzniknout nevhodnou manipulací s vyrobenými díly, nebo při obráběcím procesu). U druhé výrobní operaci byly identifikovány chyby nejčastěji u bočních děr (špatná výška děr, otřep na hraně). U poslední výrobní operace byly díly nejčastěji vyřazeny z důvodu poškození obrobené plochy (těsnící plocha). Příklady některých chyb viz příloha 10.



Obr. 11: Podíl neshodných kusů dle operací za rok 2015.

2.2 Metody řízení kvality

Společnost dbá na neustálou kontrolu dílů v celém průběhu procesu. K tomu je vytvořeno několik kontrolních pracovišť s různým typem kontrol, v předem nastavených intervalech (tzv. SPC stanice). Tyto intervaly byly vytvořeny v době náběhu projektu a od té doby jsou používány ve stejné podobě, tj. nikdy nebyly validovány ani jakýmkoliv způsobem poupraveny nebo přezkušovány. Pro vedení náběhu projektů, jsou v podniku standardně využívány metody APQP, VDA, 5S, požadavky norem ISO TS, ISO 14001 a jinde nespecifikované požadavky zákazníků.

2.2.1 Kontrolní plán

Kontrolní plán je v této společnosti vytvářen v programu IQS v5. Začíná se přiřazením výkresových pozic stejným pozicím v programu, u kterých se vypíše nominální hodnota, tolerance a jednotky. Dalším krokem je vytvoření procesu (soustružení, vrtání, frézování, atd.), ke kterému se přiřadí výrobní stroj a vyráběný díl. Následně se do procesu nahrají pozice, které byly vytvořeny. Poté se jim přiřadí další důležité vlastnosti. Vypíší se intervaly měření, počet měřených kusů, použité měřidlo a charakteristiku rozměru (zda se jedná o SPC rozměr nebo nikoli).

Po vytvoření všech procesů dle technologického postupu, se procesy seřadí tak, jak jdou za sebou a výsledný kontrolní plán se vyexportuje ve formátu pdf pro následné použití ve výrobě nebo jako příloha k PPAP. Dále je kontrolní plán synchronizován se stanicemi SPC, na kterých se zobrazí požadavek na provedení zápisu v daném intervalu.

Plán kontrol u jednotlivých kontrolních operací dle kontrolního plánu:

Tab. 5: Plán kontrol u 1. výrobní operace.

počet měřených rozměrů	počet SPC rozměrů	počet měřených dílů	interval kontroly
10	2	6	každých 24 h
10	0	3	každých 24 h
9	3	6	každých 8 h
3	0	6	každé 4 h
4	1	6	každé 2 h

Tab. 6: Plán kontrol u 2. výrobní operace.

počet měřených rozměrů	počet SPC rozměrů	počet měřených dílů	interval kontroly
18	0	3	každých 24 h
3	0	3	každé 2 h

Tab. 7: Plán kontrol u 3. výrobní operace.

počet měřených rozměrů	počet SPC rozměrů	počet měřených dílů	interval kontroly
1	0	3	každých 48 h
11	0	3	každých 24 h
3	1	3	každých 8 h
5	5	5	každých 8 h
1	1	5	každé 4 h
2	2	5	každé 2 h

2.3 Statistická regulace procesu ve výrobě

Statistická regulace procesu je používána u všech vyráběných dílů, ale nepoužívá se u všech výrobních operací. Výrobní operace, které nevytváří klíčový rozměr pro zákazníka ani pro následující kroky výroby, proto není nutné tento proces regulovat. To ovšem neznamená, že tato operace nespadá pod mezioperační kontrolu a jsou na ni kladeny stejné požadavky na kvalitu jako na jakoukoli jinou operaci.

Rozměry, které jsou určeny pro statistickou regulaci, jsou předepsány především požadavky zákazníka, pro kterého jsou tyto rozměry z nějakého důvodu důležité (např. rozměry klíčové pro další montáž). Na výkresové dokumentaci jsou tyto rozměry označeny oválem (v interním názvosloví toto označení nazýváme tzv. *Zepeline*). Zpravidla si zákazník určuje i požadovanou hodnotu ukazatelů procesu (C_p, C_{pk}). Další rozměry jsou

tzv. procesní, ty jsou důležité z hlediska výroby dané součásti a určuje si je samotná firma při vývoji projektu. Sběr SPC dat probíhá 3 metodami:

- měření požadovaných rozměrů operátorem na pracovišti stroje pomocí pedálu (poloautomatické zanesení dat do systému),
- měření na manuálních měřících strojích bez možnosti záznamu a ručního zadání dat do systému,
- měření na el. řízených strojích s automatickým vyhodnocením (T4HD, Talyrond, Leitz), bohužel bez možnosti zanést výsledky přímo do SPC.

V současné době je systém SPC nastaven tak, že operátor výroby provádí zápis požadovaných naměřených hodnot do statistického softwaru IQS v nastavených intervalech. Nevýhodou takto nastaveného systému je, že nedochází k regulaci procesu pomocí SPC, ale pouze záznamu SPC dat. Po zpracování těchto SPC dat se získají požadované výstupy (regulační diagramy, ukazatele procesu) až ve chvíli, kdy už toho ovlivní méně než je ve skutečnosti možné. Tento záznamový systém se tváří, že je vše ideální, ale přitom se jedná o zkreslené informace o procesu.

Intervaly zápisu SPC dat jsou odvozeny z kontrolního plánu, ve kterém jsou nastaveny pevně, a lze do nich zapisovat pouze v předepsaných intervalech. Jelikož jsou tyto intervaly nastaveny v řádu hodin (viz tab. 5 a 7), nemůže být ze zápisu zřejmé, zda se v procesu něco změnilo před zápisem. Přitom operátor stroje provádí průběžnou kontrolu výroby častěji než v předepsaných intervalech (vizuálně a měřením, viz tab. 5, 6 a 7). Na základě výsledků provádí zásahy do procesu. Mezi tyto zásahy patří provádění korekcí na nástrojích, výměna nástrojů z důvodu opotřebení (standardní výměna dle předepsaného intervalu nebo vlivem mechanického poškození - vylomení). Další vlivy na proces má výměna materiálu (nabytí nové tyče do podavače) nebo i výpadek elektrické energie.

2.3.1 Časová náročnost měření u jednotlivých výrobních operací:

Tab. 8: Časy měření u 1. výrobní operace.

počet měřených dílů	počet měřených rozměrů	použité měřidlo	potřebný čas na změření 1 ks [min]	celkový potřebný čas na změření [min]	četnost měření
6	5	Talyrond 265	20	120	1x / zakázku
6	26	T4 HD	16	96	1x / 8h
6	8	SPC 13	1	6	1x / 15 min
6		mikroskop	0,5	3	1x / 15 min
6	6	Hauser H302	2	12	1x / 30 min
			39,5		

Tab. 9: Časy měření u 2. výrobní operace.

počet měřených dílů [ks]	počet měřených rozměrů	použité měřidlo	potřebný čas na změření 1 ks [min]	celkový potřebný čas na změření [min]	četnost měření
1	2	úchylkoměr	2	2	1x / 30 min
1	3	profil projektor	4	4	1x / 30 min
1		mikroskop	1	1	1x / 30 min
			7		

Tab. 10: Časy měření u 3. výrobní operace.

počet měřených dílů [ks]	počet měřených rozměrů	použité měřidlo	potřebný čas na změření 1 ks [min]	celkový potřebný čas na změření [min]	četnost měření
1	5	Talyrond 265	20	20	1x / 8h
1	8	T4 HD	4	4	2x / 8h
1	2	Měřící mikroskop	1	1	3x / 8h
1	6	SPC 9	1	1	1x / 1 h
			26		

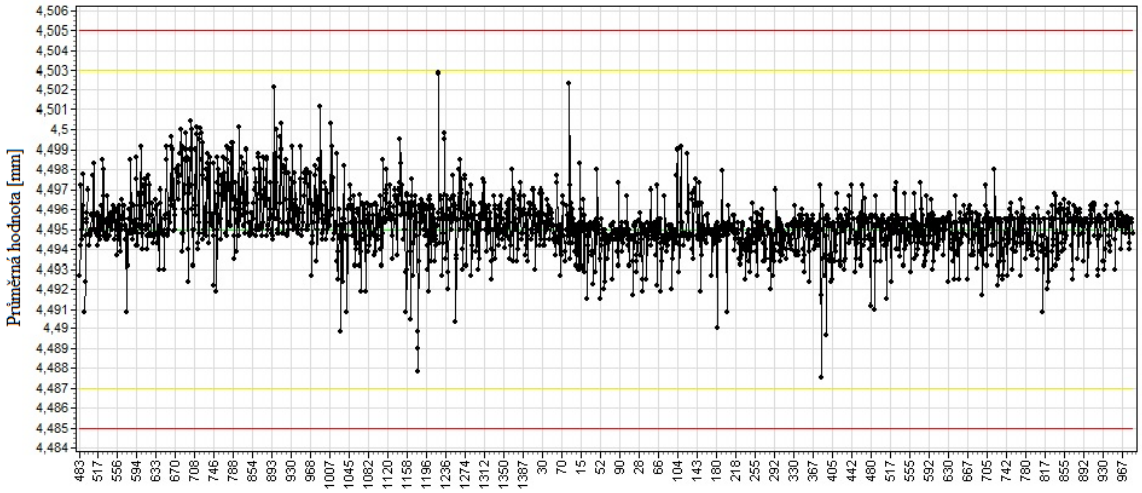
Jak je z tabulek patrné, jsou z pohledu měření a kontroly nejnáročnější první dvě výrobní operace. To je způsobeno z několika důvodů. Prvním důvodem je samotný výrobní stroj, jelikož se jedná o vícevřetenové a více pozicové stroje, je nutné provádět měření pro každou pozici (náročnější seřízení). Dalším důvodem je technický stav stroje (tuhost konstrukce, zda drží rozměr nebo nikoli) a samotná podoba obráběcího procesu.

Časová náročnost je různá i pro jednotlivá měřidla. Nejrychlejší měření je za pomocí úchylkoměrů a dutinoměrů na příslušné SPC stanici. Naopak nejnáročnější je

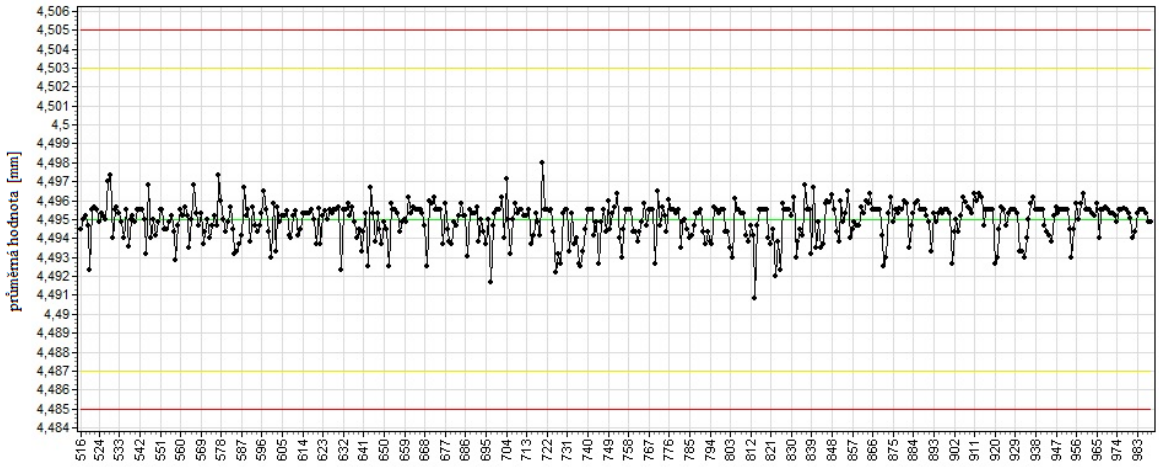
měření na programově řízených strojích, které se nachází v metrologické laboratoři. Tyto stroje jsou společné pro celou výrobu a je proto velmi složité provádět měření v aktuálním čase nebo se aktuálnímu času co možná nejvíce přiblížit (z důvodů časové vytíženosti). Také není prakticky možné, aby při měření na konturografu T4 HD (viz tab. 8) jej operátor obsadil na celých 96 minut, aniž by nemusel zastavit svoji výrobu nebo neblokoval konturograf pro další operátory. Podobná situace je i u kruhoměru, ale na rozdíl od měření na konturografu provádí měření na kruhoměru proškolený pracovník metrologie.

2.3.2 Analýza způsobilosti procesu

Způsobilost procesu se vyhodnocuje dle indexů C_p a C_{pk}. Proces je způsobilý, pokud jsou indexy způsobilosti větší než 1,33. Podle požadavků zákazníka je cílem mít způsobilost procesu nad hodnotou 1,67. V roce 2015 byly indexy způsobilosti velmi blízko hraniční hodnotě 1,67 a v některých případech se dostaly i pod její úroveň. To bylo způsobeno vlivem zvláštních příčin ovlivňující proces. Tyto příčiny byly postupně odstraněny. To je názorně vidět při porovnání regulačních diagramů pro průměrné hodnoty u pozice 6 (viz Obr. 22). Na obrázku 12 je regulační diagram z dat naměřených v průběhu celého roku (od ledna do prosince) a je na něm patrné značné kolísání. Naopak na obrázku 13 je regulační diagram pouze z dat naměřených od října do prosince 2015. V tomto období už se podařilo odstranit zvláštní příčiny kolísání procesu, avšak hodnoty indexů způsobilosti zůstaly stále těsně nad hranicí 1,67 (kompletní protokol z SPC vyhodnocení viz Příloha 1,2,3,4 a 5).



Obr. 12: Regulační diagram průměrných hodnot (Poz 6) u 1. výrobní operace (celý rok 2015).



Obr. 13: Regulační diagram po průměrnou hodnotu (Poz 6) u 1. výrobní operace (říjen až prosinec).

Statistický software IQS

Statistický software slouží pro sběr dat a jejich následné vyhodnocení. Používaný software však neodpovídá požadavkům a standardům pro regulaci procesu. Tento software byl získán od původní švýcarské společnosti.

2.4 Používaná měřidla a přístroje

Pro měření jsou ve výrobním procesu používána nejrůznější měřidla, která jsou rozdělena do několika skupin. První skupina je složena ze základních měřících přístrojů, jako jsou dutinoměry a úchylkoměry. Tyto přístroje jsou umístěny u výrobních strojů na tzv. SPC stanici (každý druh výrobku má svou vlastní SPC stanici), která slouží pro základní změření a seřízení výrobního stroje a následné provádění korekcí. Druhá skupina měřících přístrojů se nachází na vhodném místě ve výrobní hale a je společná pro všechny operátory. Do této skupiny spadají profil projektor a měřící mikroskop. Poslední skupina je složena z elektricky řízených strojů s automatickým vyhodnocením, které jsou umístěny v laboratoři kvality. Nachází se zde souřadnicový měřící stroj, kruhoměry, konturografy, drsnoměr a další měřící příslušenství.

2.4.1 SPC stanice pro CP3

Binokulární mikroskop

Obr. 14: Binokulární mikroskop.

Digitální úchylkoměr

- typ: 543 – 250B,
- výrobce: Mitutoyo
- příslušenství: nástavný (kalibrační) kroužek na určitý rozměr

Úchylkoměr je délkové měřidlo používané pro kontrolu odchylek od předepsané hodnoty. Úchylkoměr neměří absolutní délku, ale rozdíl od výchozí nastavené hodnoty.

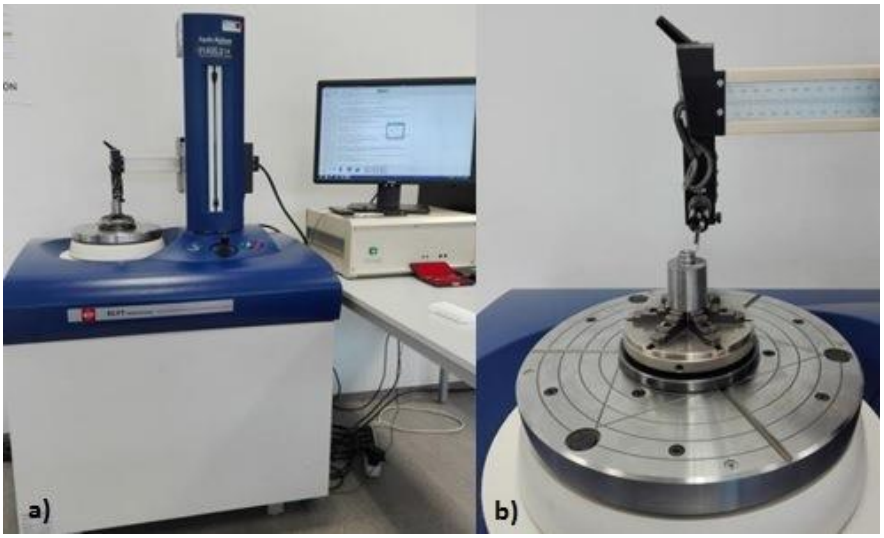
Obr. 15: Digitální úchylkoměr Mitutoyo.

Seznam všech používaných měřidel a měřících pomůcek na SPC stanici viz příloha 6 a 7.

2.4.2 Přístroje v metrologické laboratoři

Kruhoměr

- typ: Talyrond 290, Talyrond 265,
- výrobce: Taylor Hobson,
- příslušenství: měřící sondy (Ø 0,3/0,5/0,8/1 mm), upínací magnety a kleštiny,
- přesnost: ± 4 nm.

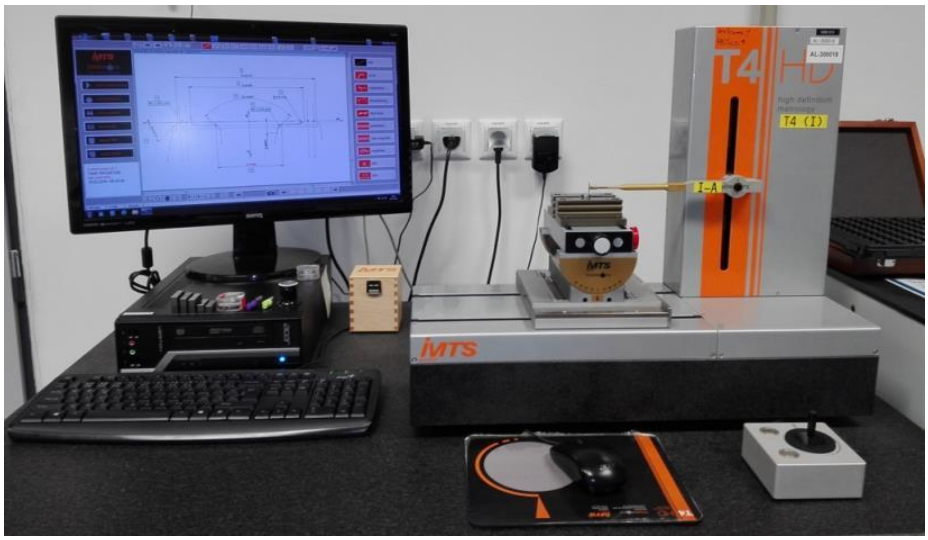


Obr. 16: Talyrond 265 (a), měření dílu CP3 (b).

Měřicí přístroje od firmy Taylor Hobson patří k jedněm z nejlepších na trhu. Používané stroje už patří ke starším modelům kruhoměrů, ale stále jsou velmi přesné a hodnoty geometrických tolerancí jsou schopny měřit s velkou přesností. Kruhoměry jsou řízeny příkazy, naprogramovanými v řídícím programu, ale z důvodu malých rozměrů měřených dílců, je nastavuje ve většině případů do přesné měřící pozice operátor stroje. Konečné vyhodnocení měření už probíhá automaticky, dle programu. Jelikož se jedná mnohdy o tolerance v řádech mikrometru nebo i v desetinách mikrometru, má velký vliv na výslednou přesnost čistota měřeného dílu a schopnost operátora správně nastavit měřící sondu. Nevýhodou tohoto stroje tak může být jen relativně dlouhá doba měření, která se pohybuje v rozmezí od 5 min až do 30 min (záleží na složitosti měřené součásti a počtu měřených rozměrů) na jedno měření.

Konturograf

- typ: T4 HD,
- výrobce: IMTS GmbH,
- příslušenství: měřící sondy, polohovací svěrák, koncové měrky, kalibrační pomůcky,



Obr. 17: Konturograf T4 HD IMTS.

Konturograf slouží pro měření tvaru i drsnosti vyráběné součásti. V metrologické laboratoři jsou využívány především pro měření úhlů, rádiů a vzdáleností mezi průsečíky, které nejsou prakticky změřitelné na běžném délkoměru. Měření je možno provádět ručně, za pomocí ovládacího joysticku a ručního zakótování nebo podle naučeného programu (provádí metrolog, ruční měření s následným uložením jako referenční dráhy) s automatickým vyhodnocením. U automatického měření je kladen vysoký požadavek na upnutí součásti a na volbu správné reference. Naměřená data se exportují ve formátu pdf nebo xls (MS Excel).

Z důvodů delších časů měření, zejména u dílů vyráběných na více vřetenových strojích (operátor musí měřit více dílů) je využití těchto měřících strojů velké. Z tohoto důvodu dochází k častým poruchám, mezi které patří např. poničení měřící jehly, chyby nájezdu při měření dle referenčního programu, poslední dobou se setkáváme i s nestabilitou měřícího softwaru.

Drsnoměr

- Typ: RTP 80,
- Výrobce: SM – Instruments,
- Příslušenství: měřící hrot, polohovací svěrák, kalibrační deska,
- Rozlišení: 0,001 µm.

Obr. 18: Drsnoměr RTP 80 ITMS.

Drsnoměr RPT 80 umožňuje rychle a přesně změřit drsnost na požadované ploše. Operátor pomocí dotykové obrazovky nastavuje měřené veličiny a parametry měření. Změřené hodnoty drsností se zobrazují na displeji a je možné je ihned vytisknout.

Souřadnicový měřící stroj

- typ: Leitz Reference XI 5.4.3,
- výrobce: Hexagon Metrology,
- příslušenství: ustavovací přípravky, měřící sondy.

Souřadnicové měřící stroje umožňují rychlou a přesnou kontrolu složitých obrobků. Přispívají k zabezpečení kvality výroby. Jejich výhodou je rychlé a automatické provádění měření i na těch nejsložitějších dílech.

Obr. 19: Leitz Reference XI.

2.4.3 Ostatní měřidla

Profil projektor

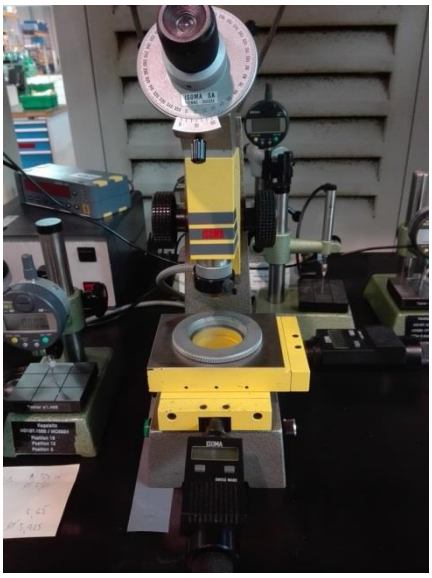
- typ: SM 350,
- výrobce: Baty,
- příslušenství: tablet s měřícím softwarem.

Obr. 20: Profil projektor Baty SM 350.

Poloautomatický profil projektor Baty SM 350 je využívaný pro kontrolu úhlů, průměrů a případně dalších požadovaných rozměrů.

Měřící mikroskop

- typ: M - 113,
- výrobce: Isoma,
- měřící krok: 0,001 mm.



Obr. 21: Měřící mikroskop Isoma.

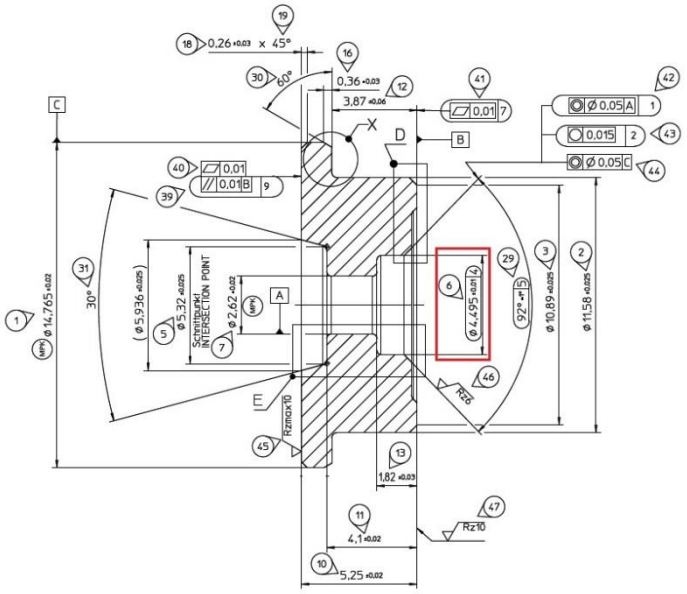
2.5 Analýza systému měření

Před provedením analýzy měření byla provedena příprava, během které byla určena metoda, pomocí níž budeme získaná data vyhodnocovat. Bylo zvoleno měřidlo a kontrolovaný rozměr (viz Obr. 22) a nakonec byl určen počet operátorů a počet dílů pro měření.

2.5.1 Hodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla

Pro analýzu systému měření, byla zvolena metoda GRR pro 10 dílů a 3 operátory, která je běžně používána v automobilovém průmyslu, a je po společnosti požadována od jejich zákazníků. Dále bylo zvoleno měřidlo s označením (E100 401), kterým se měří rozměr na pozici 6 (viz Obr. 22) a je vyráběn na 1. výrobní operaci. Díly pro analýzu byly vybrány pracovníkem kvality a musí reprezentovat celý výrobní pracovní rozsah. Každý díl byl označen, kvůli jeho identifikaci a z důvodu opakovaného měření. Operátoři měřili

každý díl 3x, a to v náhodném pořadí, nezávisle na sobě a naměřená data zapisovali do připravených protokolů (naměřená data viz Tab. 11).

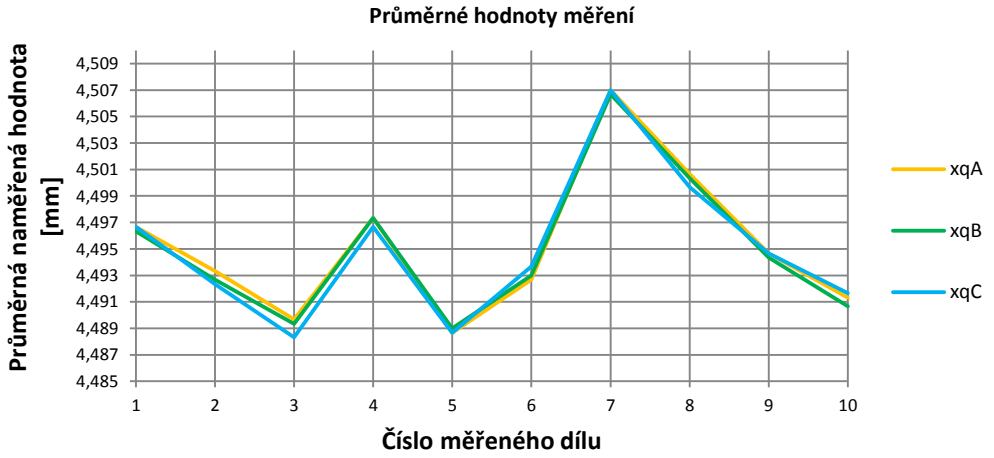


Obr. 22: Díl CP3 s vyznačeným měřeným rozměrem (poz. 6).

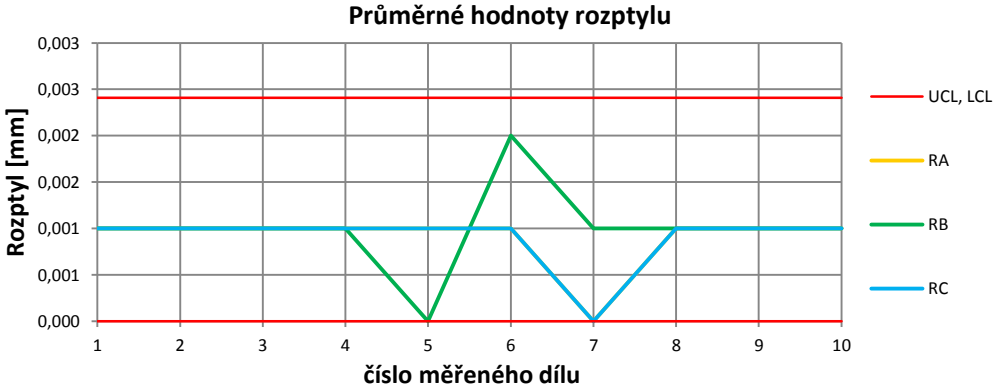
Tab. 11: Naměřené hodnoty pro vyhodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.

Inspector A						Inspector B						Inspector C					
Č.	Měř. 1	Měř. 2	Měř. 3	x_{qA}	R_A	Č.	Měř. 1	Měř. 2	Měř. 3	x_{qB}	R_B	Č.	Měř. 1	Měř. 2	Měř. 3	x_{qC}	R_C
1	4,497	4,497	4,496	4,4967	0,001	1	4,496	4,497	4,496	4,4963	0,001	1	4,496	4,497	4,497	4,4967	0,001
2	4,493	4,494	4,493	4,4933	0,001	2	4,492	4,493	4,493	4,4927	0,001	2	4,492	4,492	4,493	4,4923	0,001
3	4,490	4,489	4,490	4,4897	0,001	3	4,489	4,489	4,490	4,4893	0,001	3	4,488	4,489	4,488	4,4883	0,001
4	4,497	4,497	4,498	4,4973	0,001	4	4,498	4,497	4,497	4,4973	0,001	4	4,497	4,496	4,497	4,4967	0,001
5	4,488	4,489	4,489	4,4887	0,001	5	4,489	4,489	4,489	4,4890	0,000	5	4,488	4,489	4,489	4,4887	0,001
6	4,492	4,493	4,493	4,4927	0,001	6	4,493	4,494	4,492	4,4930	0,002	6	4,494	4,493	4,494	4,4937	0,001
7	4,507	4,507	4,507	4,5070	0,000	7	4,507	4,506	4,507	4,5067	0,001	7	4,507	4,507	4,507	4,5070	0,000
8	4,501	4,501	4,500	4,5007	0,001	8	4,500	4,500	4,501	4,5003	0,001	8	4,500	4,499	4,500	4,4997	0,001
9	4,494	4,495	4,495	4,4947	0,001	9	4,494	4,495	4,494	4,4943	0,001	9	4,495	4,495	4,494	4,4947	0,001
10	4,491	4,492	4,491	4,4913	0,001	10	4,491	4,491	4,490	4,4907	0,001	10	4,492	4,492	4,491	4,4917	0,001
Σ	4,495	4,4954	4,4952	4,49520	0,0009	Σ	4,4949	4,4951	4,4949	4,49497	0,001	Σ	4,4949	4,4949	4,495	4,49493	0,0009

Naměřená data byla následně zapsána do programu MS Excel, který je vhodný pro statistické zpracování dat. V rámci profesionálních statistických programů existují moduly, které umí ze zadaných dat přesně spočítat požadované analýzy. Takovým programem ale společnost nedisponuje a proto byl využit software MS Excel, kde se pomocí vzorců a dílčích výpočtů (viz kapitola 1.6) došlo ke stejným výstupům, jako při použití specializovaných programů. Pro celkovou analýzu je vhodné využít i grafického zobrazení naměřených hodnot. V tomto případě byly zvoleny pro zobrazení průměrné naměřené hodnoty u každého operátora a rozptyl těchto hodnot.



Obr. 23: Průměrné hodnoty měření.



Obr. 24: Průměrné hodnoty rozptylu.

Výpočet charakteristik:

$$\bar{\bar{R}} = \frac{(\overline{R_a} + \overline{R_b} + \overline{R_c})}{počet\ operátorů} = 0{,}0009 \tag{2.1}$$

$$x_{diff} = Max\ x - Min\ x = 0{,}00027 \tag{2.2}$$

$$UCL_R = \bar{\bar{R}} \cdot D_4 = 0{,}0024 \tag{2.3}$$

$$EV = \bar{\bar{R}} \cdot K_1 = 0{,}000551 \tag{2.4}$$

$$AV = \sqrt{\left(X_{diff} \cdot K_2\right)^2 - \left(\frac{EV^2}{nr}\right)} = 0{,}000097 \tag{2.5}$$

$$PV = R_p \cdot K_3 = 0{,}005698 \tag{2.6}$$

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} = 0{,}000560 \tag{2.7}$$

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} = 0{,}005725 \tag{2.8}$$

$$EV_{proc} = 100 \cdot \frac{EV}{TV} = 9{,}63\ \% \tag{2.9}$$

$$AV_{proc} = 100 \cdot \frac{AV}{TV} = 1{,}69\ \% \tag{2.10}$$

$$AV_{proc} = 100 \cdot \frac{PV}{TV} = 99{,}52\ \% \tag{2.11}$$

$$GRR_{proc} = 100 \cdot \frac{GRR}{TV} = \mathbf{9{,}78}\ \% \tag{2.12}$$

$$ndc = 1{,}41 \cdot \left(\frac{PV}{GRR}\right) \doteq \mathbf{14} \tag{2.13}$$

Dle zjištěných výsledků byl systém měření shledán jako vyhovující, hodnota GRR_{proc} je menší než 10 % (GRR_{proc} = 9,78 %). Počet rozlišitelných tříd ndc je roven 14. Na základě těchto výsledků lze tento systém měření doporučit pro regulační diagramy. Zpracovaný protokol viz příloha 8.

2.5.2 Hodnocení způsobilosti měřidla dle C_g a C_{gk}

Pro totožné měřidlo (E100 401) jako v předchozím případě, byla provedena analýza dle indexů C_g a C_{gk}, kde bylo cílem ověřit požadovanou přesnost měřidla. Měření bylo provedeno opakovaně (25x) na vybraném díle. Měřena byla také pozice č. 6 (viz Obr. 22).

Tab. 12: Naměřené hodnoty pro analýzu C_g a C_{gk}

č. měření	hodnota [mm]	č. měření	hodnota [mm]	č. měření	hodnota [mm]	č. měření	hodnota [mm]	č. měření	hodnota [mm]
1	4,495	6	4,495	11	4,495	16	4,495	21	4,495
2	4,496	7	4,495	12	4,495	17	4,495	22	4,496
3	4,495	8	4,495	13	4,496	18	4,495	23	4,495
4	4,495	9	4,495	14	4,495	19	4,495	24	4,495
5	4,496	10	4,495	15	4,495	20	4,495	25	4,495

Výpočet charakteristik:

$$x_g = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i} = 4{,}49516 \tag{2.14}$$

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}_g)^2} = 0{,}00037 \tag{2.15}$$

$$T = HMR - DMR = 0{,}02 \tag{2.16}$$

$$C_g = \frac{0{,}2 \cdot T}{6 \cdot s_g} = \mathbf{1{,}78} \tag{2.17}$$

$$C_{gk} = \frac{0{,}1 \cdot T - \left|\bar{x}_g - x_m\right|}{3 \cdot s_g} = \mathbf{1{,}64} \tag{2.18}$$

Hodnota indexu C_g je vetší než požadovaných 1,67 ($C_g \geq 1{,}67$) a hodnota indexu C_{gk} je vetší než 1,33 ($C_{gk} \geq 1{,}33$). Podle zjištěných výsledků bylo vyhodnoceno používané měřidlo jako způsobilé. Zpracovaný protokol viz příloha 9.

3 NÁVRH DOPORUČENÉ METODIKY MĚŘENÍ

3.1 Kontrolní plán

Z analýzy výroby v roce 2015 je patrné, že velkou část neshodných dílů bylo možné odhalit pomocí vizuální kontroly. Proto by se měl klást důraz na pravidelné vizuální kontroly, a tím včas odhalit případné neshody při výrobě, jak ze strany operátorů, tak ze strany pracovníků kontroly kvality.

Pravidelné sledování vyráběných dílů, by vedlo k osvojení si správného stavu výrobku. To by mělo za následek, že v případě nějaké vizuální změny, by byl schopen operátor poznat chybu, případně svou domněnku potvrdit nebo vyvrátit následnou kontrolou měřením (soustřednost průměrů, výška bočních děr, velikost sražení,…). Nezbytnou součástí nastavených intervalů kontroly je i dohled nad pravidelným prováděním a dodržování správnosti postupu při kontrole.

3.2 Statistická regulace procesu

Pro lepší regulaci a řízení procesu, je potřeba využívat vhodné nástroje a pomůcky, které odpovídají standardům pro regulaci procesu. Takovým nástrojem je software pro zpracování a analýzu dat získaných z procesů ve výrobě. Takovýchto softwaru je v dnešní době na trhu spousta a je důležité zvolit si ten správný, který bude vyhovovat požadavkům dané společnosti. Druhým nástrojem pro zlepšení regulace procesu může být použití rychlejších způsobů měření, a tím tak dostávat co možná nejaktuálnější data z procesu. To vše by mělo mít za výsledek odhalení zvláštních příčin působících na proces a zlepšení kvality výroby.

3.2.1 Q – DAS

Společnost Q-Das je přední mezinárodní společnost, zabývající se automatizací statistických postupů v průmyslu. Je především zaměřena na aplikace věnující se řízením kvality. Vyvinula několik modulů, které umožňují sledování celého procesu.

Výhody:

- pomocí jednotlivých modulů umožňuje pokrýt celý proces výroby a SPC,
- úprava modulů individuálně dle požadavků zákazníka,
- je využíván ve společnosti stoba Präzisionstechnik GmbH & Co. KG,

- lokalizace v českém jazyce,

Nevýhody:

- velká počáteční finanční investice,
- přechod na nový software.

3.2.2 Palstat CAQ

Palstat s.r.o. je přední česká společnost působící na poli softwarové podpory systémů řízení kvality. Využívá také modulární systém pro přizpůsobení se požadavkům zákazníka (viz Obr. 25).

Výhody:

- nabízí pokrytí celého procesu výroby (od plánování přes údržbu až po řízení),
- možnost úpravy výstupů a tvorba vlastních reportů,
- lokalizace v českém jazyce,
- již je využíván modul pro evidenci měřidel,
- levnější než Q-DAS.

Nevýhody:

- finanční investice,
- přechod na nový software.

Obr. 25: Moduly Palstat CAQ [14].

3.3 Měřicí přístroje

Pro provádění statistické regulace, je nutné získávat vždy aktuální informace, které vychází z procesu. Jak již bylo zmíněno výše (viz Tab. 8 a 9), tak měření u dílu Ventilplatte CP3 je časově velmi náročné. Proto by bylo vhodné nalézt způsob, který by alespoň částečně zkrátil časy potřebné na změření jednoho dílu. Jedním ze způsobů, jak toho dosáhnout, je zavedení automatických měřících systémů. Zavedení takových systémů, může mít příznivý vliv na celý proces. Na druhou stranu, to může být z pohledu vedení společnosti, příliš velká investice, která by mohla být značným zásahem do rozpočtu společnosti. Měřicí přístroje nevytváří přímý zisk. Proto je důležité, aby bylo měřidlo pokud možno univerzální a bylo využitelné pro co možná nejvíce výrobků.

Prvním a ve většině případů také hlavním důvodem pro pořízení automatických měřících systémů je významné zkrácení doby měření. Některé typy měřidel dokonce umí měřit více dílů zároveň (často omezeno počtem měřených rozměrů). Druhým důvodem, který však nemusí být na první pohled zřejmý, je variabilita operátora provádějícího měření na manuálním měřicím přístroji. Variabilita operátora je jednou ze zvláštních příčin způsobujících kolísání v procesu. Se zavedením automatických měřicích systémů se tato variabilita značně sníží, v některých případech ji můžeme i úplně odstranit. Dalším důvodem, který je důležitý z pohledu statistické regulace procesu, je možnost ihned automaticky nahrát naměřené hodnoty do SPC systému.

3.3.1 KEYENCE

Jedním z předních výrobců automatických měřících systémů je firma Keyence, která se zabývá výrobou senzorů, měřících přístrojů a digitálních 3D mikroskopů. Pro rychlé změření výrobků ve specifické výrobě firmy stoba je vhodný digitální profilový projektor řady IM, který je určen pro menší díly. Zavedením tohoto přístroje, by došlo ke značnému zrychlení prováděných měření.

Výhody:

- rychlost měření (v řádu sekund),
- opakovatelnost (± 0,1 μm),
- export naměřených hodnot do statistického softwaru,
- snadné ovládání,

- využití pro velkou část výrobků.

Nevýhody:

- vysoká pořizovací cena,
- vyšší nároky na obsluhu (programování měřících referencí).

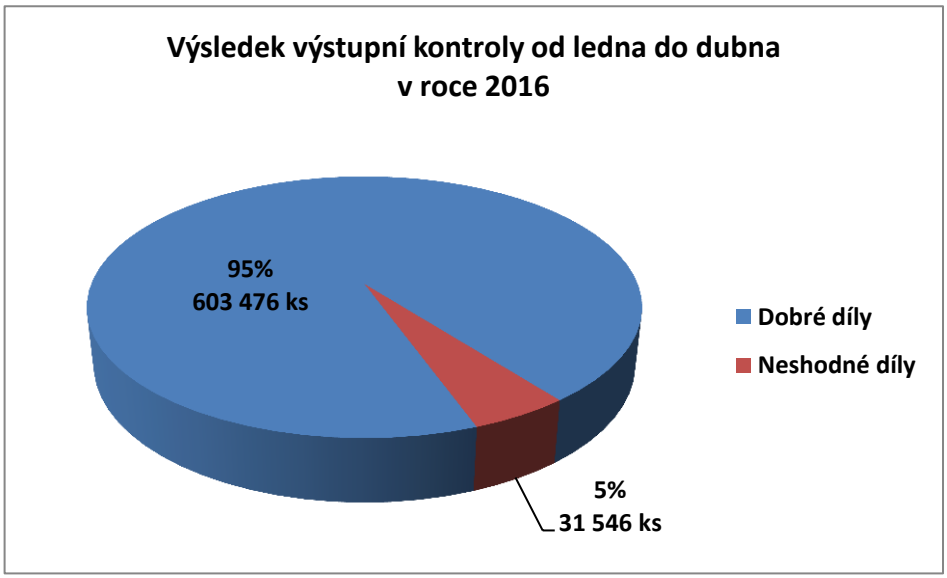
Obr. 26: Keyence IM-6145 [15].

Aby bylo možné plné využití možností tohoto měřidla (export dat do statistického softwaru), je bohužel nutné pořídit zároveň nový statistický software, který export naměřených dat umožní. Současně využívaný software IQS tento export dat neumožňuje.

4 DISKUSE

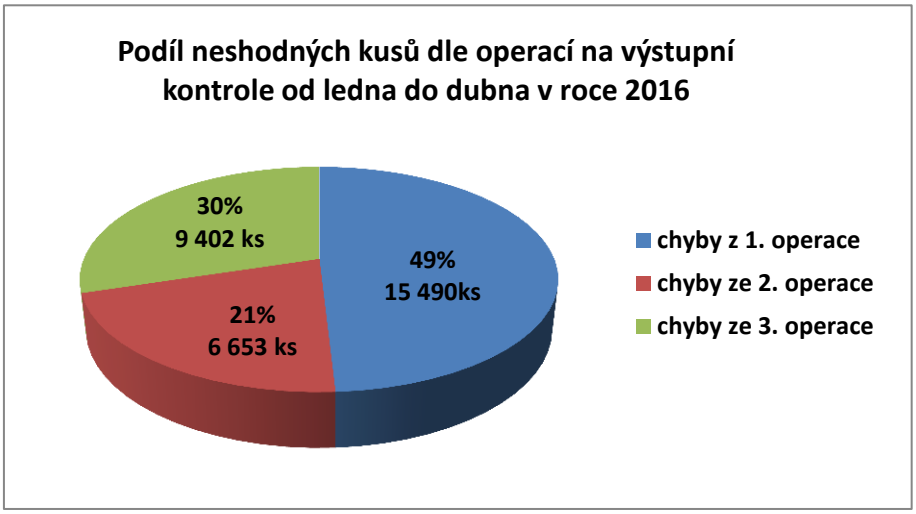
Na konci roku 2015 došlo k postupnému navyšování objemu výroby, a to z důvodu dokončení přesunu strojů z Grenchenu a jejich následným uvedením do provozu. Na strojích byla nejprve provedena nutná údržba např. výměna ložisek hlavních vřeten, výměna kluzné lišty a nakonec seřízení geometrie stroje. Tyto úkony měly velký vliv na výslednou efektivitu i kvalitu výroby.

V prvních čtyřech měsících roku 2016 bylo vyrobeno celkem 635 021 dílů Ventiplatte CP3 a z toho pouze 5% bylo zadrženo na výstupní kontrole, jako neshodný díl.



Obr. 27: Výsledek výstupní kontroly od ledna do dubna 2016.

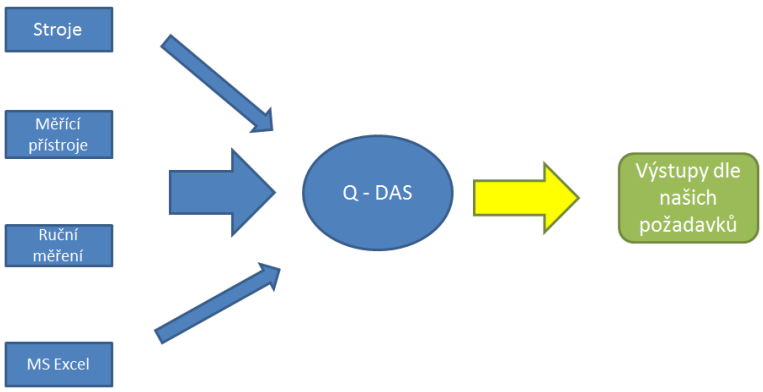
Objem výroby se zvýšil o 145% a podíl neshodných výrobků se snížil o 12 %. Tento výsledek značí, že se podařilo omezit výrobu neshodných dílů a jejich případný postup dál v procesu. Výrazné snížení výskytu počtu neshodných dílů na výstupní kontrole bylo způsobeno několika faktory. Prvním důležitým faktorem bylo zaškolení všech pracovníků, druhým, neméně důležitým faktorem, bylo provedení změn v technologii výroby (např. změna nástrojů, úprava technologických přídavků pro obrábění) a v neposlední řadě odstranění zvláštních příčin působících na proces. K větší stabilitě procesu výroby by mělo přispět i zavedení chlazení ve výrobní hale, které bude především v letních měsících kontrolovat teplotu.



Obr. 28: Podíl neshodných kusů dle operací od ledna do dubna 2016.

Vlivem dlouhého výrobního času u dílu Ventilplatte CP3 (cca 3 měsíce), je možné některé provedené změny v procesu výroby ověřit a vyhodnotit až v době, kdy dané kusy projdou všemi částmi výroby.

Po převzetí společnosti firmou stoba, byly schváleny finanční prostředky pro pořízení softwaru od společnosti Q – Das. Pořízeny budou moduly pro záznam a zpracování naměřených dat (SPC) a pro tvorbu kontrolních plánů. Plánované zavedení do procesu je od listopadu 2016, kdy vyprší licence pro stávající software.



Obr. 29: Plánovaná struktura Q – Das.

Schváleno bylo i pořízení digitálního optického profil projektoru Keyence IM-6145, který by měl především zrychlit a zkvalitnit měření na výrobní hale. Počítá se s téměř úplným nahrazením manuálních profil projektorů a měl by částečně nahradit i měření na konturografu T4HD. Uvolnění měřící kapacity u konturografu povede i k plynulejšímu měření na tomto stroji a nebudou zde vnikat „fronty pro měření“

ZÁVĚR

Cílem práce bylo prověření procesu výroby dílu Ventilplatte CP3. Na základě analýzy opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (GRR) a způsobilosti C_g a C_{gk} byly používané měřicí přístroje vyhodnoceny jako vyhovující. Naopak, jako nevyhovující byla shledána doba nutná pro provedení nezbytných měření, především u konturografu T4HD. Na základě těchto zjištění byly navrženy změny, které by měly proces měření zrychlit a umožnit provádění regulace procesu.

Navrženo bylo pořízení nového měřicího přístroje Keyence IM – 6145, který by měl časy potřebné na měření výrazně snížit. Dalším důležitým krokem, by mělo být zavedení nového systému Q - Das pro statistickou regulaci a řízení. Nahrazení stávajícího systému, který neodpovídá požadavkům na regulaci procesu, by mělo vést k dalšímu zlepšení výsledné kvality procesu.

Začátkem roku se podařilo dosáhnout pokroku v kvalitě procesu výroby dílu Ventilplatte CP3, procento neshodných výrobků se snížilo o 12%. Tohoto zlepšení bylo dosaženo provedením servisních zásahů na výrobních strojích Tornos Multideco 20/6 a také následným prováděním pravidelné údržby. Vliv na výsledky výroby měla také stabilizace pracovníků v procesu výroby. Je očekáváno, že navržené změny v procesu měření a regulace povedou k dalšímu zlepšení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA).* 4.vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008, 143 s. ISBN 978-80-02-02101-8
2. Kvalita jednoduše. *Nebojte se FMEA.* [online]. [vid. 2016-05-25]. Dostupný z: http://kvalita-jednoduse.cz/fmea/
3. *Moderní plánování kvality produktu (APQP) a plán kontroly a řízení: referenční příručka*. 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2009, 107 s. ISBN 978-80-02-02142-1.
4. Kvalita jednoduše. *Kontrolní plán (Control plan).* [online]. [vid. 2016-05-25]. Dostupný z: http://kvalita-jednoduse.cz/kontrolni-plan/.
5. HŮLOVÁ, Marie a Eva JAROŠOVÁ. *Statistické metody v managementu kvality, environmentu a bezpečnosti*. 4. vyd. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1748-3.
6. *Statistická regulace procesů (SPC).* 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006, 216 s. ISBN 80-02-01810-9.
7. SVĚTLÍKOVÁ, B. *Statistická regulace výrobního procesu ve firmě.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2009. 71 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. František Bartes, CSc.
8. *Statistické řízení jakosti – regulace procesu měřením a srovnáním*. Dostupný z: http://multiedu.tul.cz/~eva.slaichova/multiedu/Rizeni_jakosti/Statisticka_regulace_procesu.pdf [2016].
9. *Analýza systémů měření (MSA)*. 3 vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2003, 234 s. ISBN 80-02-01562-2.
10. *Analýza systémů měření (MSA)*. 4. vyd. Praha 1: Česká společnost pro jakost, 2011, 231 s. ISBN 978-80-02-02323-5.
11. VENCL, P. *Metrologická konfirmace měřidla - způsobilost systému měření.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 59 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Koška, Ph.D.
12. STOBA PRECIZNÍ TECHNIKA. *stoba Precizní Technika s.r.o.*, interní dokumenty.
13. Q - DAS® EXPERT IN STATISTICS, *Standartní produkty – CAMERA ISK.* [online]. [vid. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.q-das.cz/cz/software/.

14. PALSTATCAQ, *Systém řízení kvality* [online]. [vid. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.palstat.cz/kvalita/.
15. KEYENCE, *IM Series Image Dimension Measuring System Wide field-of-view*. [online]. [vid.2016-0525]. Dostupnéz: http://www1.keyence.eu/services/download.php?file=IM6225_C_600G18_GB_WW_1045-2.pdf&fs=IM.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
APQP	[-]	Moderní plánování kvality produktu
CAQ	[-]	Computer Aided Quality
CL	[mm]	Centrální přímka
CPL	[-]	Dolní ukazatel způsobilosti
CPU	[-]	Horní ukazatel způsobilosti
DFMEA	[-]	Analýza možných způsobů a následků poruch designu
DMR	[mm]	Dolní mezní rozměr
FMEA	[-]	Analýza možných způsobů a následků poruch
GRR	[-]	Analýza opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla
HMR	[mm]	Horní mezní rozměr
I	[-]	Individuální hodnoty
LCL	[mm]	Dolní regulační mez
LSL	[mm]	Dolní mezní rozměr
MR	[-]	Klouzavé napětí
MS	[-]	Microsoft
MSA	[-]	Analýza způsobilosti procesu
PPAP	[-]	Proces schvalování dílů do sériové výroby
PPL	[-]	Dolní ukazatel výkonnosti
PPU	[-]	Horní ukazatel výkonnosti
SPC	[-]	Statistická regulace procesu
UCL	[mm]	Horní regulační mez
USL	[mm]	Horní mezní rozměr
ndc	[-]	Počet různých kategorií

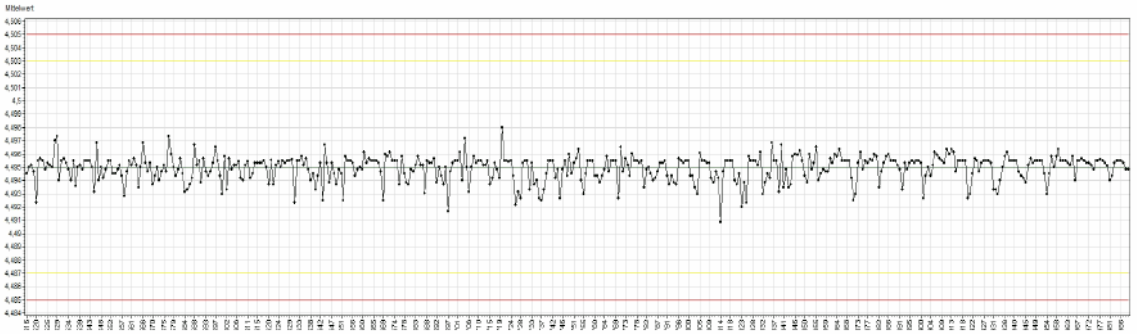
Symbol	Jednotka	Popis
AV	[-]	Reprodukovatelnost – variabilita operátora
AV_{proc}	[%]	Podíl reprodukovatelnosti z celkové variability
C_g	[-]	Index způsobilosti
C_{gk}	[-]	Kritický index způsobilosti
C_p	[-]	Ukazatel způsobilosti
C_{pk}	[-]	Ukazatel způsobilosti
EV	[-]	Opakovatelnost – variabilita zařízení
EV_{proc}	[%]	Podíl opakovatelnosti z celkové variability
GRR_{proc}	[%]	Podíl opakovatelnosti a reprodukovatelnosti z cel. variability
P_p	[-]	Ukazatel výkonnosti
P_{pk}	[-]	Ukazatel výkonnosti
PV	[-]	Variabilita dílu
PV_{proc}	[%]	Podíl variability dílu z celkové variability
R	[mm]	Rozpětí
$\bar{R}$	[mm]	Průměr rozpětí
$\bar{\bar{R}}$	[mm]	Průměr všech rozpětí
T	[mm]	Tolerance rozměru
TV	[-]	Celková variabilita
$\bar{X}$	[mm]	Průměrná hodnota
$\bar{\bar{X}}$	[mm]	Celkový průměr
c_4	[-]	Konstanta závisející na rozsahu podskupiny
d_2	[-]	Konstanta závisející na rozsahu podskupiny
n	[-]	Počet vzorků v podskupině
$\bar{s}$	[mm]	Průměrná směrodatná odchylka
s_g	[mm]	Výběrová směrodatná odchylka
$\bar{x}$	[mm]	Průměrná hodnota ze všech čtení
x_g	[mm]	Výběrový průměr výsledků měření
x_i	[mm]	Jednotlivé čtení
σ_c	[mm]	Kolísání uvnitř podskupin
σ_P	[mm]	Celkové kolísání

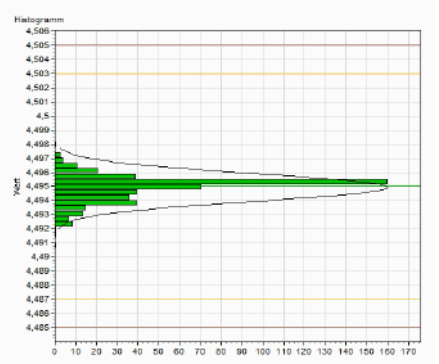
SEZNAM PŘÍLOH

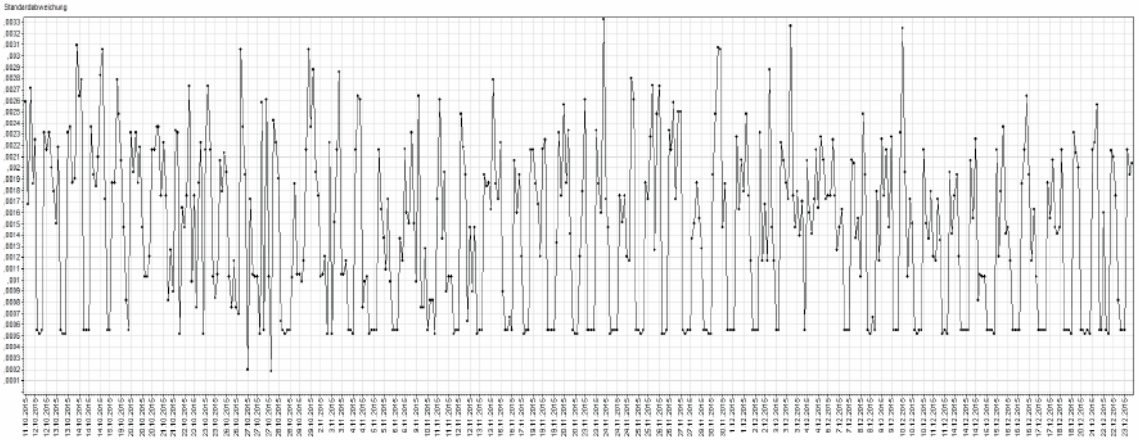
Příloha 1 SPC protokol pozice 6 za rok 2015 1. výrobní operace (říjen-prosinec)
Příloha 2 SPC protokol pozice 6 za rok 2016 1. výrobní operace (březen-duben)
Příloha 3 SPC protokol pozice 1 za rok 2015 1. výrobní operace (říjen - duben)
Příloha 4 SPC protokol pozice 1 za rok 2016 1. výrobní operace (leden - duben)
Příloha 5 SPC protokol pozice 6 za rok 2016 3. výrobní operace (leden - duben)
Příloha 6 Seznam měřidel na SPC stanici č. 9
Příloha 7 Seznam měřidel na SPC stanici č. 13
Příloha 8 Protokol - MSA metoda GRR 3x3
Příloha 9 Protokol - Způsobilost dle C_g, C_{gk}
Příloha 10 Katalog vizuálních chyb

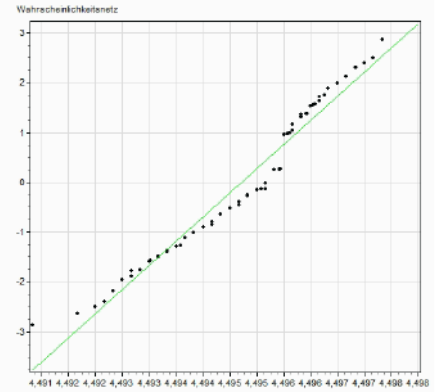
SPC Prozessanalyse

Regelkarte-ID:	18.654	**Zeichnungsnr.:**		**x-querquer:**	4,49493
Teil:		**Änderungsindex:**		**s-quer:**	0,00097
Merkmal:	Durchmesser	**Änderungsdatum:**		**Sigma:**	
Fertigungseinrichtung:	AG-7053 CNC Multideco MS20/6	**UGW:**	4,48500	**cp:**	1.68600
Nest:	01	**OGW:**	4,50500	**cpk:**	1.68600
Zeitraum von:	10.10.2015 0:00:00 **bis:** 31.12.2015	**Auftrag Nr.:** * **Charge Nr.:** *			



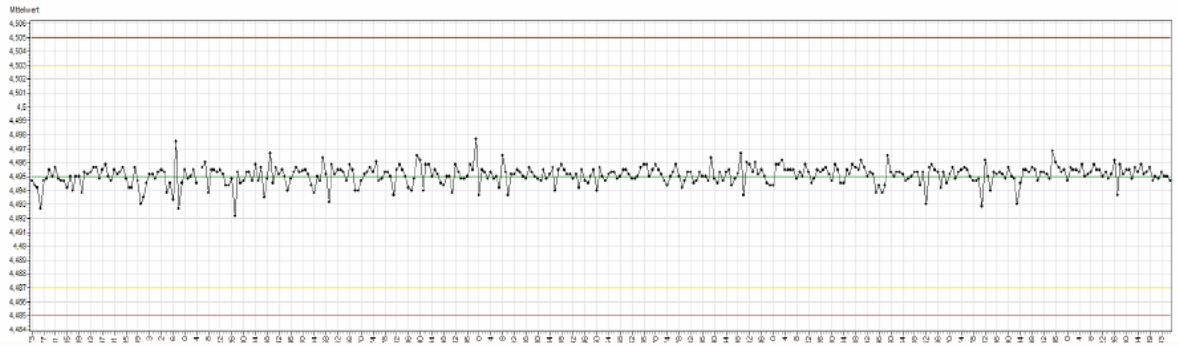


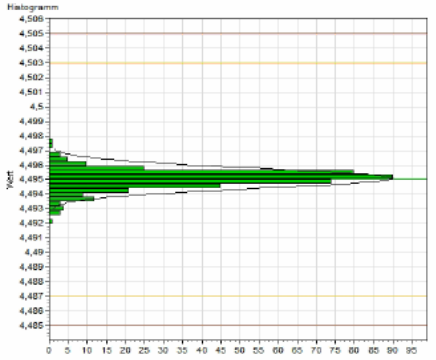


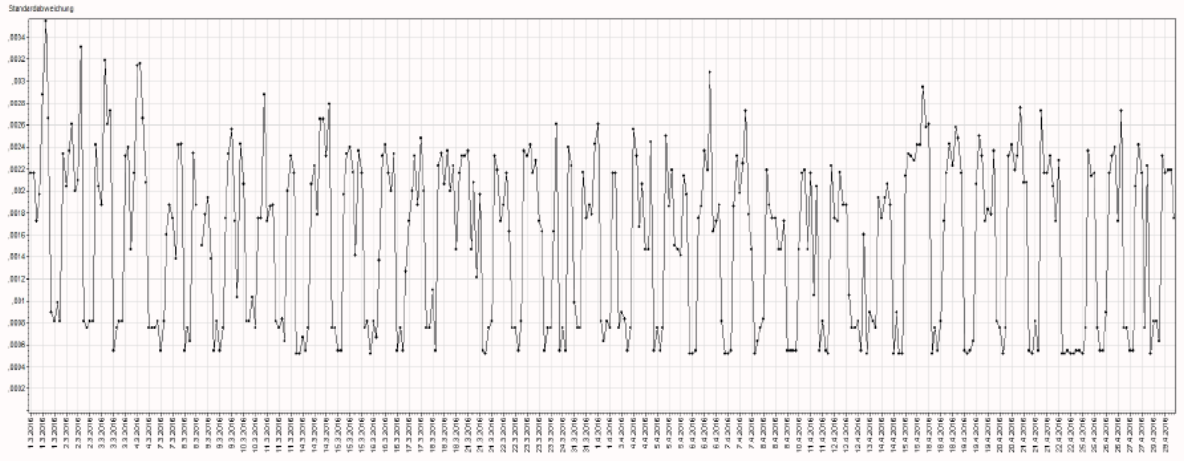


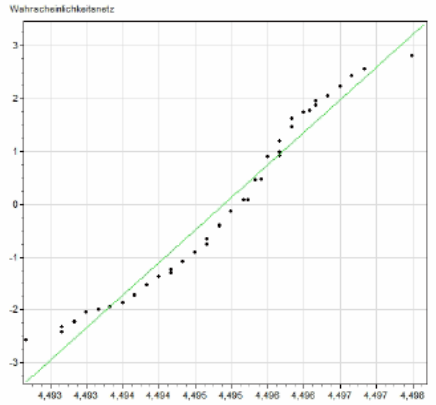
SPC Prozessanalyse

Regelkarte-ID:		**Zeichnungsnr.:**		**x-querquer:**	4,49509
Teil:		**Änderungsindex:**		**s-quer:**	0,00070
Merkmal:	Durchmesser	**Änderungsdatum:**		**Sigma:**	
Fertigungseinrichtung:	AG-7039 CNC Multideco MS20/6	**UGW:**	4,48500	**cp:**	1.93000
Nest:	01	**OGW:**	4,50500	**cpk:**	1.93000
Zeitraum von:	1.3.2016 0:00:00 **bis:** 30.4.2016 0:00:00	**Auftrag Nr.:** * **Charge Nr.:** *			



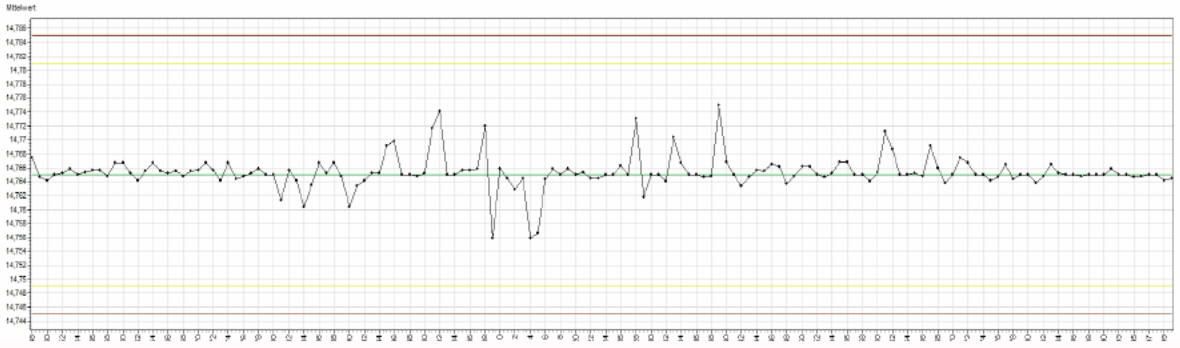


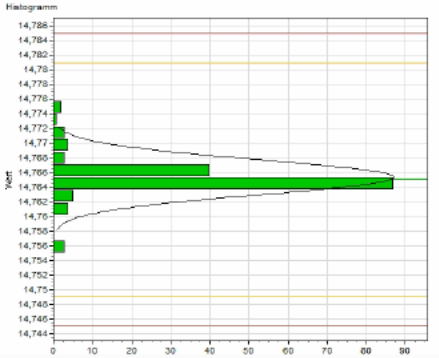


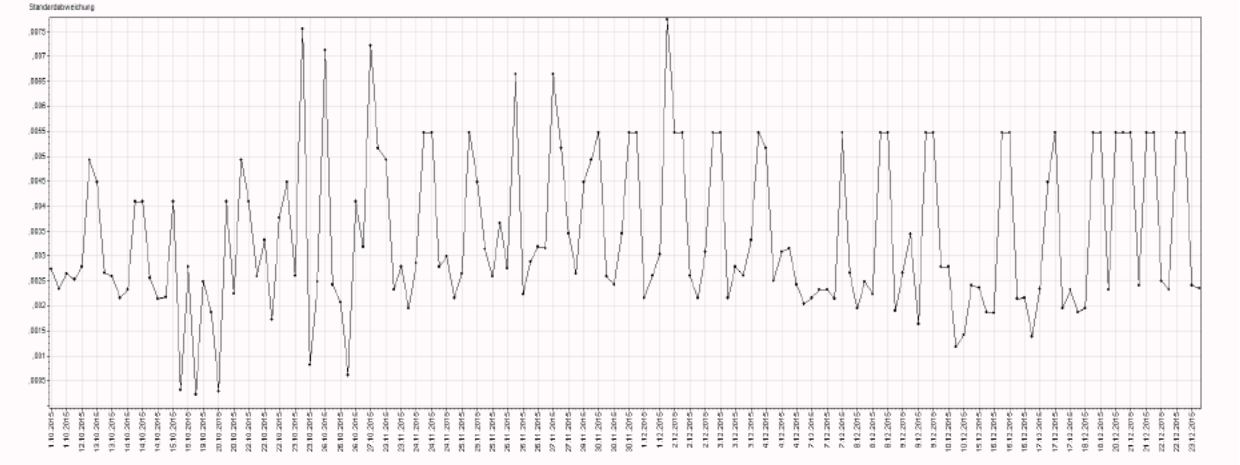


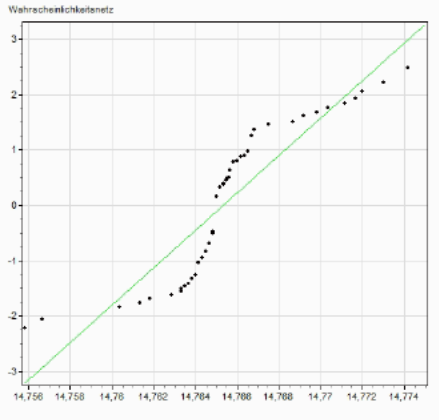
SPC Prozessanalyse

Regelkarte-ID:		**Zeichnungsnr.:**		**x-querquer:**	14,76534
Teil:		**Änderungsindex:**		**s-quer:**	0,00239
Merkmal:	Durchmesser	**Änderungsdatum:**	02.03.2016	**Sigma:**	
Fertigungseinrichtung:	AG-7039 CNC Multideco MS20/6	**UGW:**	14,74500	**cp:**	1.54300
Nest:	01	**OGW:**	14,78500	**cpk:**	1.51700
Zeitraum von:	1.10.2015 0:00:00 **bis:** 31.12.2015	**Auftrag Nr.:** * **Charge Nr.:** *			



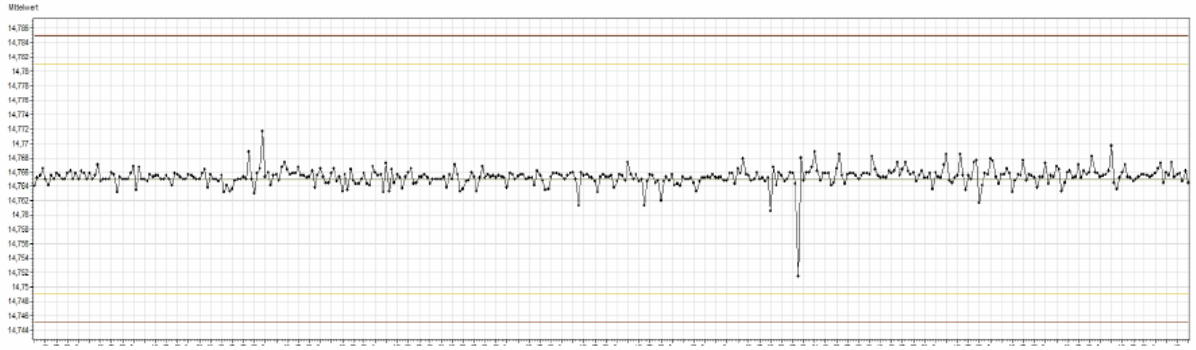


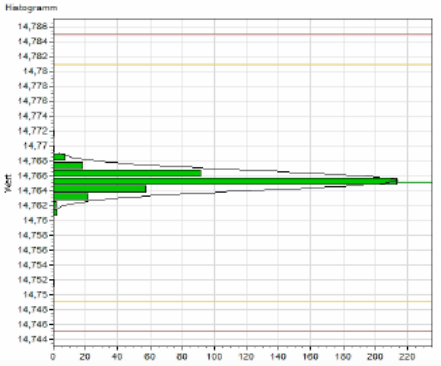


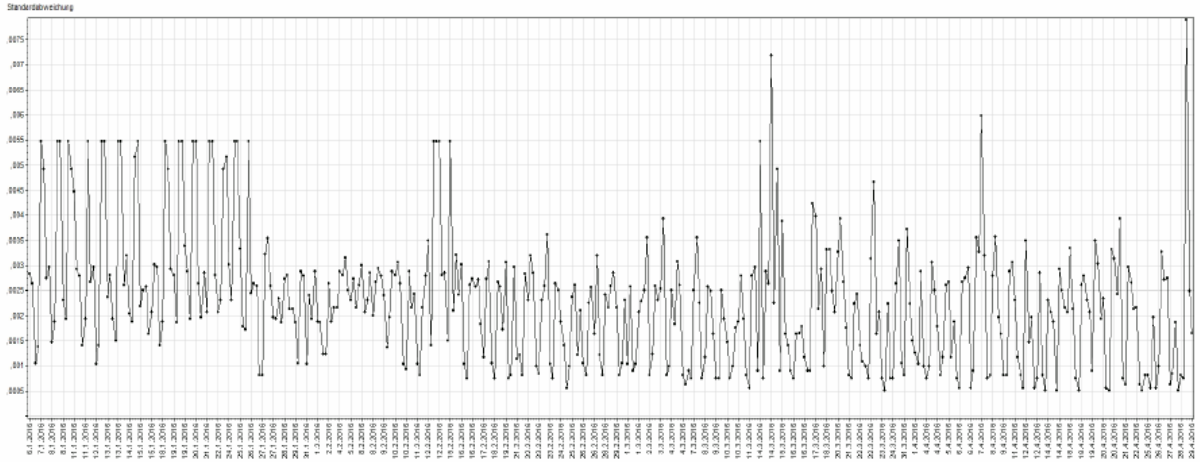


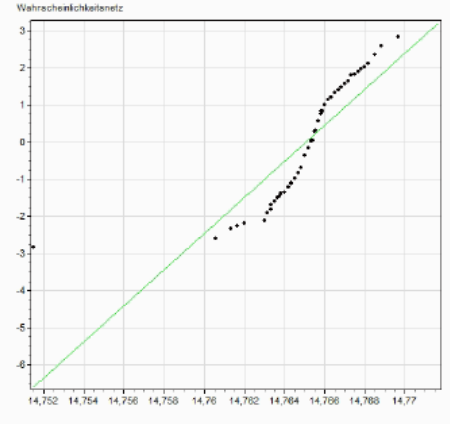
SPC Prozessanalyse

Regelkarte-ID:		**Zeichnungsnr.:**		**x-querquer:**	14,76534
Teil:		**Änderungsindex:**		**s-quer:**	0,00130
Merkmal:	Durchmesser	**Änderungsdatum:**	02.03.2016	**Sigma:**	0,00241
Fertigungseinrichtung:	AG-7039 CNC Multideco MS20/6	**UGW:**	14,74500	**cp:**	2.76100
Nest:	01	**OGW:**	14,78500	**cpk:**	2.71400
Zeitraum von:	1.1.2016 0:00:00 **bis:** 30.4.2016 0:00:00	**Auftrag Nr.:** * **Charge Nr.:** *			



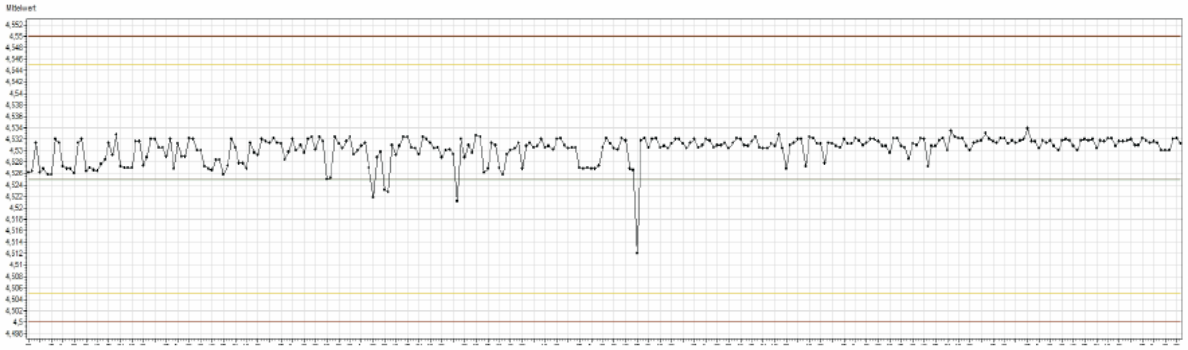


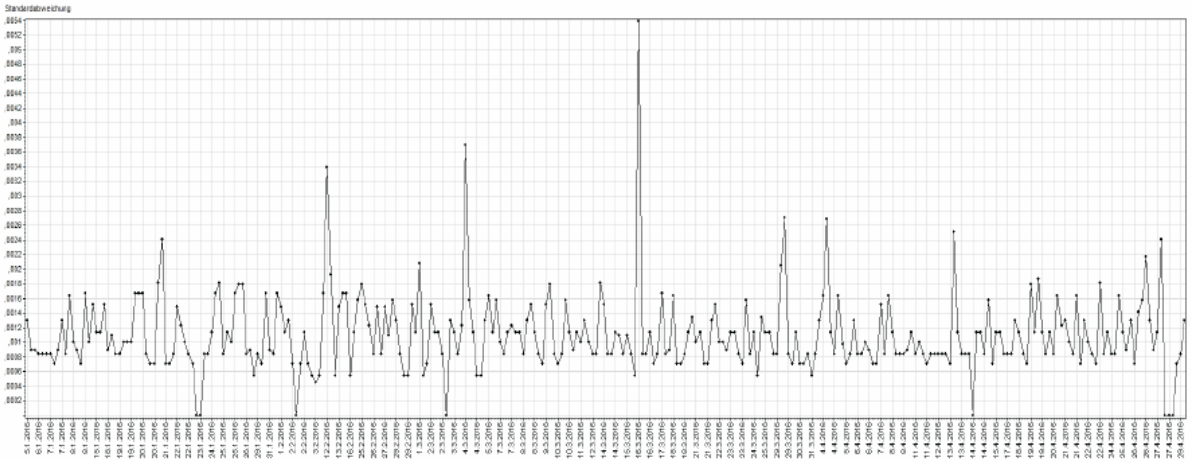


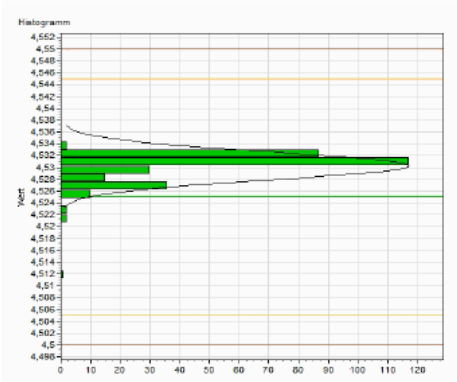


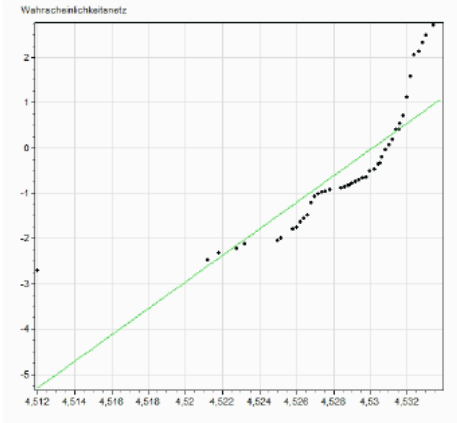
SPC Prozessanalyse

Regelkarte-ID:		**Zeichnungsnr.:**		**x-querquer:**	4,53026
Teil:		**Änderungsindex:**		**s-quer:**	0,00235
Merkmal:	Durchmesser	**Änderungsdatum:**		**Sigma:**	0,00117
Fertigungseinrichtung:	AG-7071 Futterdrehmaschine K90 HD	**UGW:**	4,50000	**cp:**	4.95800
Nest:	01	**OGW:**	4,55000	**cpk:**	4.71200
Zeitraum von:	1.1.2016 0:00:00 **bis:** 30.4.2016 0:00:00	**Auftrag Nr.:** * **Charge Nr.:** *			









PŘÍLOHA 6

	Seznam měřidel na SPC stanici č.9	č. dokumentu:	
		směrnice:	
Určeno pro:	CP3 HD, CP3.2 HD	Vytvořil:	Zapletalík
Datum:	16.3.2015	Úprava:	26.2.2016

Číslo měřidla	Název	Středisko	Přesnost	Kalibrace do
B100B009	Mikroskop	SPC 9		
E100030	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	8.10.2017
E100076	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	8.10.2017
E100231	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	8.10.2017
E100232	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	8.10.2017
E100313	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	29.7.2017
E100450	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	8.10.2017
E100651	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	8.10.2017
E100784	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	27.7.2017
E100B004	Digitální úchylkoměr	SPC 9	±0,003 mm	20.3.2017
E150009	Zobrazovací jednotka	SPC 9		8.4.2017
E150018	Zobrazovací jednotka	SPC 9		3.12.2016
I100001	Dutinoměr do slepých děr	SPC 9	±0,004 mm	9.4.2017
I100059	Dutinoměr do slepých děr	SPC 9	±0,004 mm	8.4.2017
I100065	Dutinoměr do slepých děr	SPC 9	±0,004 mm	9.4.2017
I100116	Dutinoměr do slepých děr	SPC 9	±0,004 mm	16.1.2017
O100047	Měřící mikroskop	SPC 9		26.11.2016
Z300157	Kalibrační kroužek	SPC 9		9.4.2017
Z300577	Kalibrační kroužek	SPC 9		9.4.2017
Z300668	Kalibrační kroužek	SPC 9		9.4.2017
Z300675	Kalibrační kroužek	SPC 9		12.3.2017

PŘÍLOHA 7

	Seznam měřidel na SPC stanici č. 13	č. dokumentu:	
		směrnice:	
Určeno pro:	CP3 ST	Vytvořil:	Zapletalík
Datum:	16.3.2015	Úprava:	26.2.2016

Číslo měřidla	Název	Středisko	Přesnost	Kalibrace do
B100B011	Mikroskop	SPC 13		
C200036	Horizontální držák	SPC 13		
E100274	Digitální úchylkoměr	SPC 13	±0,003 mm	24.11.2017
E100355	Digitální úchylkoměr	SPC 13	±0,003 mm	23.4.2017
E100401	Digitální úchylkoměr	SPC 13	±0,003 mm	24.11.2017
E100410	Digitální úchylkoměr	SPC 13	±0,003 mm	23.4.2017
I100003	Dutinoměr do slepých děr	SPC 13	±0,004 mm	20.11.2016
I100015	Dutinoměr do slepých děr	SPC 13	±0,004 mm	20.11.2016
L700 033	Kalibr	SPC 13		20.11.2016
L700 034	Kalibr	SPC 13		20.11.2016
L700 035	Kalibr	SPC 13		20.11.2016
L700 036	Kalibr	SPC 13		20.11.2016
L700 037	Kalibr	SPC 13		20.11.2016
L700 038	Kalibr	SPC 13		20.11.2016
L700 039	Kalibr	SPC 13		30.4.2017
W900B012	Přesná váha	SPC 13		19.5.2017
Z300119	Kalibrační kroužek	SPC 13		11.1.2017
Z300139	Kalibrační kroužek	SPC 13		11.1.2017

PŘÍLOHA 8

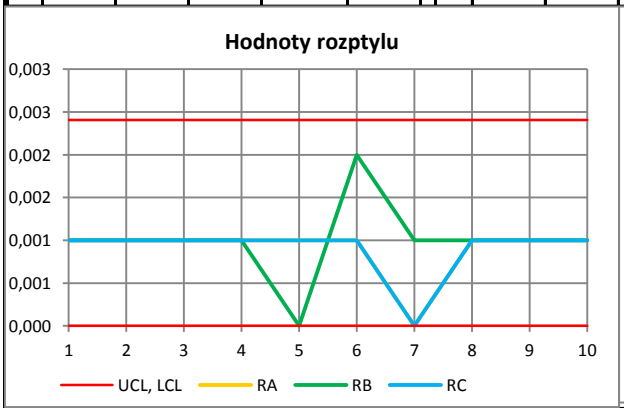
stoba Precizní Technika s.r.o.

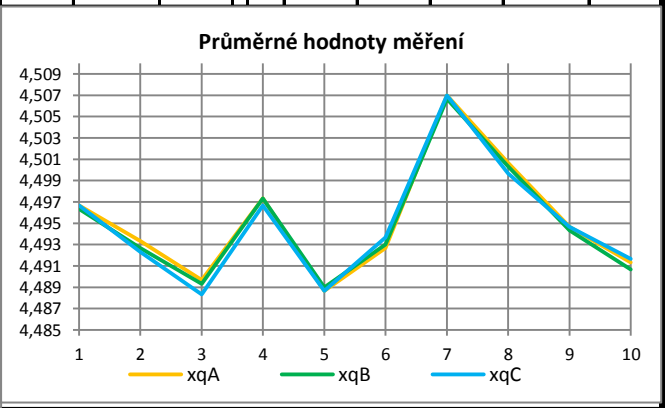
Opakovatelnost a reprodukovatelnost měření (GRR)

Jméno produktu:	*Ventilplatte CP3*	Číslo položky:		Číslo výkresu:	

Zákaznické číslo výkresu:		**Místo použití**	*Výrobní hala*
Číslo PPAP:		**Kontorlní místo:**	*Metrologická laboratoř*
Archivační kód:		**Název měřidla:**	*Digitální úchylkoměr*
Číslo rozměru:	*6*	**Evidenční číslo měřidla:**	*E100 401*
Typ rozměru:	*Průměr*	**Měřící krok:**	*0,0010*
Jednotky:	*mm*	**Referenční rozměr:**	
Referenční kusy:	*Master parts*	**Nominální hodnota:**	*4,495*
Počet kusů:	*10*	**Horní tolerance (USL):**	*4,505*
Počet měření:	*3*	**Dolní tolerance (LSL):**	*4,485*

Inspector A						Inspector B						Inspector C					
Č.	Měř. 1	Měř. 2	Měř. 3	x_{qA}	R_A	Č.	Měř. 1	Měř. 2	Měř. 3	x_{qB}	R_B	Č.	Měř. 1	Měř. 2	Měř. 3	x_{qC}	R_C
1	4,497	4,497	4,496	4,4967	0,001	1	4,496	4,497	4,496	4,4963	0,001	1	4,496	4,497	4,497	4,4967	0,001
2	4,493	4,494	4,493	4,4933	0,001	2	4,492	4,493	4,493	4,4927	0,001	2	4,492	4,492	4,493	4,4923	0,001
3	4,490	4,489	4,490	4,4897	0,001	3	4,489	4,489	4,490	4,4893	0,001	3	4,488	4,489	4,488	4,4883	0,001
4	4,497	4,497	4,498	4,4973	0,001	4	4,498	4,497	4,497	4,4973	0,001	4	4,497	4,496	4,497	4,4967	0,001
5	4,488	4,489	4,489	4,4887	0,001	5	4,489	4,489	4,489	4,4890	0,000	5	4,488	4,489	4,489	4,4887	0,001
6	4,492	4,493	4,493	4,4927	0,001	6	4,493	4,494	4,492	4,4930	0,002	6	4,494	4,493	4,494	4,4937	0,001
7	4,507	4,507	4,507	4,5070	0,000	7	4,507	4,506	4,507	4,5067	0,001	7	4,507	4,507	4,507	4,5070	0,000
8	4,501	4,501	4,500	4,5007	0,001	8	4,500	4,500	4,501	4,5003	0,001	8	4,500	4,499	4,500	4,4997	0,001
9	4,494	4,495	4,495	4,4947	0,001	9	4,494	4,495	4,494	4,4943	0,001	9	4,495	4,495	4,494	4,4947	0,001
10	4,491	4,492	4,491	4,4913	0,001	10	4,491	4,491	4,490	4,4907	0,001	10	4,492	4,492	4,491	4,4917	0,001
Σ	4,495	4,4954	4,4952	4,49520	0,0009	Σ	4,4949	4,4951	4,4949	4,49497	0,001	Σ	4,4949	4,4949	4,495	4,49493	0,0009





Průměr všech rozptlů	**$R = (R_A+R_B+R_C)/3$**	0,0009	**$UCL_R = R*D_4$**	0,0024	**D_4**	2,5800
Rozdíl průměru měření	**x_{diff} = Max x - Min x**	0,00027	**$LCL_R = R*D_3$**	0,0000	**D_3**	0
Opakovatelnost	**$EV = R*K_1$**	0,000551	**$EV_{proc} = (EV/TV)*100$**	9,63%	**K_1**	0,5908
Reprodukovatelnost	$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \cdot K_2)^2 - (EV^2/nr)}$	0,000097	**$AV_{proc} = (AV/TV)*100$**	1,69%	**K_2**	0,5231
Variabilita dílu	**$PV = R_p*K_3$**	0,005698	**$PV_{proc} = (PV/TV)*100$**	99,52%	**K_3**	0,3146
Opakovatelnost a reprodukovatelnost	$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$	0,000560	**$GRR_{proc} = (GRR/TV)*100$**	✓ 9,78%	$10\% < \%GRR < 30\%$	
Celková variabilita	$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$	0,005725	**$n_{dc} = 1,41*(PV/GRR)$**	✓ 14,35	$n_{dc} \geq 5$	
Vyplnil:	Zapletalík	**Zkontroloval:**		**Datum:**		

PŘÍLOHA 9

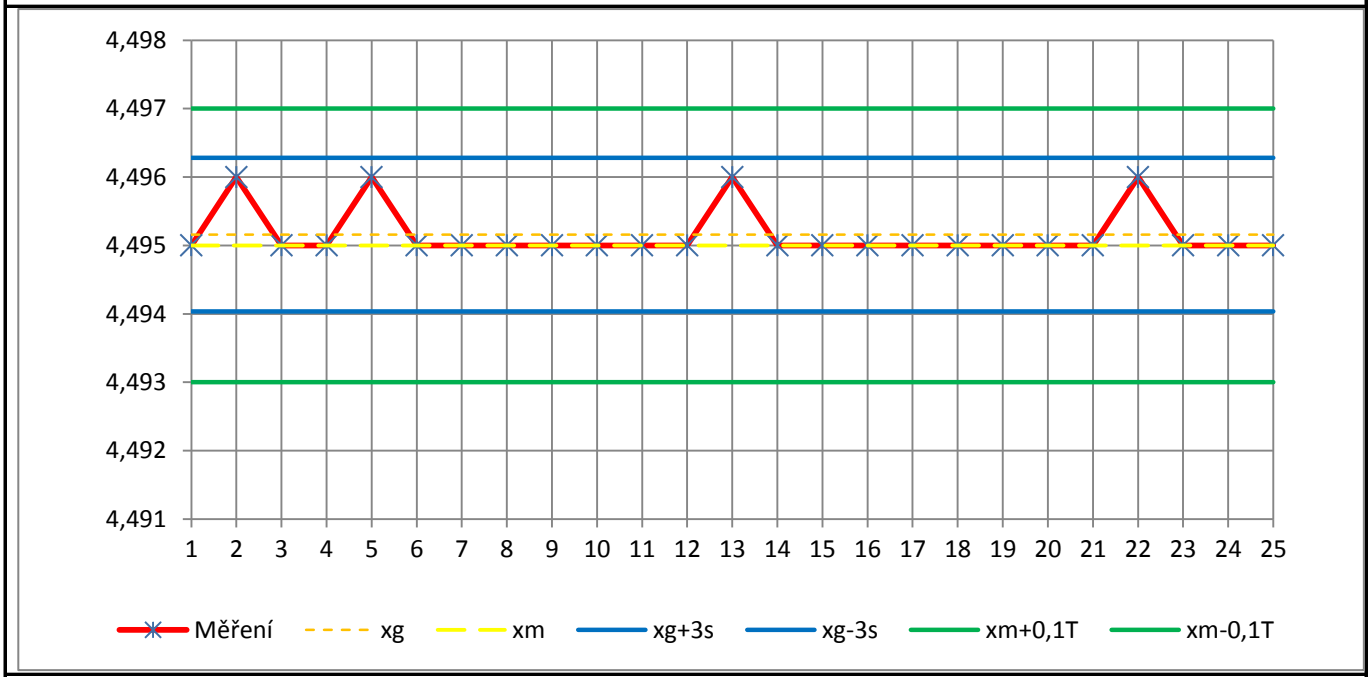
stoba Precizní Technika s.r.o.

Analýza měřidla dle Cg, Cgk

Jméno produktu:	*Ventilplatte*	**Číslo položky:**		**Číslo výkresu:**	

Zákaznické č. výkr.:		**Místo použití:**	*Výrobní hala*
Číslo PPAP:		**Kontrolní místo:**	*Metrologická laboratoř*
Archivační kód:		**Název měřidla:**	*Digitální úchylkoměr*
Číslo rozměru:	*6*	**Evidenční číslo měřidala:**	*E100 401*
VQS/CTQ číslo:		**Měřící krok:**	*0,001*
Typ rozměru:	*Průměr*	**Referenční rozměr:**	
Jednotka:	*mm*	**Nominální hodnota:**	*4,4950*
Referenční kus:	*Master part*	**Horní tolerance:**	*4,505*
Pčet měření:	*25*	**Dolní tolerance:**	*4,485*

Č. Měření	Hodnota	Č. Měření	Hodnota	Č. Měření	Hodnota	Č. Měření	Hodnota	Č. Měření	Hodnota
1	4,495	6	4,495	11	4,495	16	4,495	21	4,495
2	4,496	7	4,495	12	4,495	17	4,495	22	4,496
3	4,495	8	4,495	13	4,496	18	4,495	23	4,495
4	4,495	9	4,495	14	4,495	19	4,495	24	4,495
5	4,496	10	4,495	15	4,495	20	4,495	25	4,495

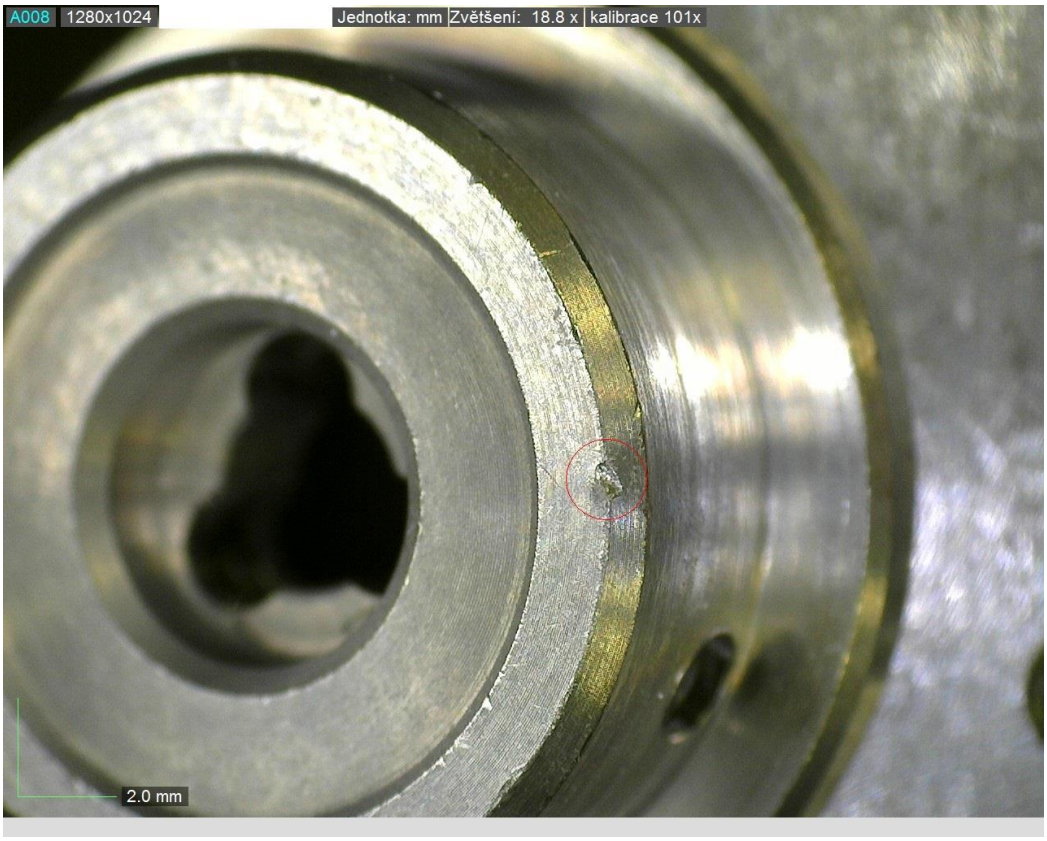


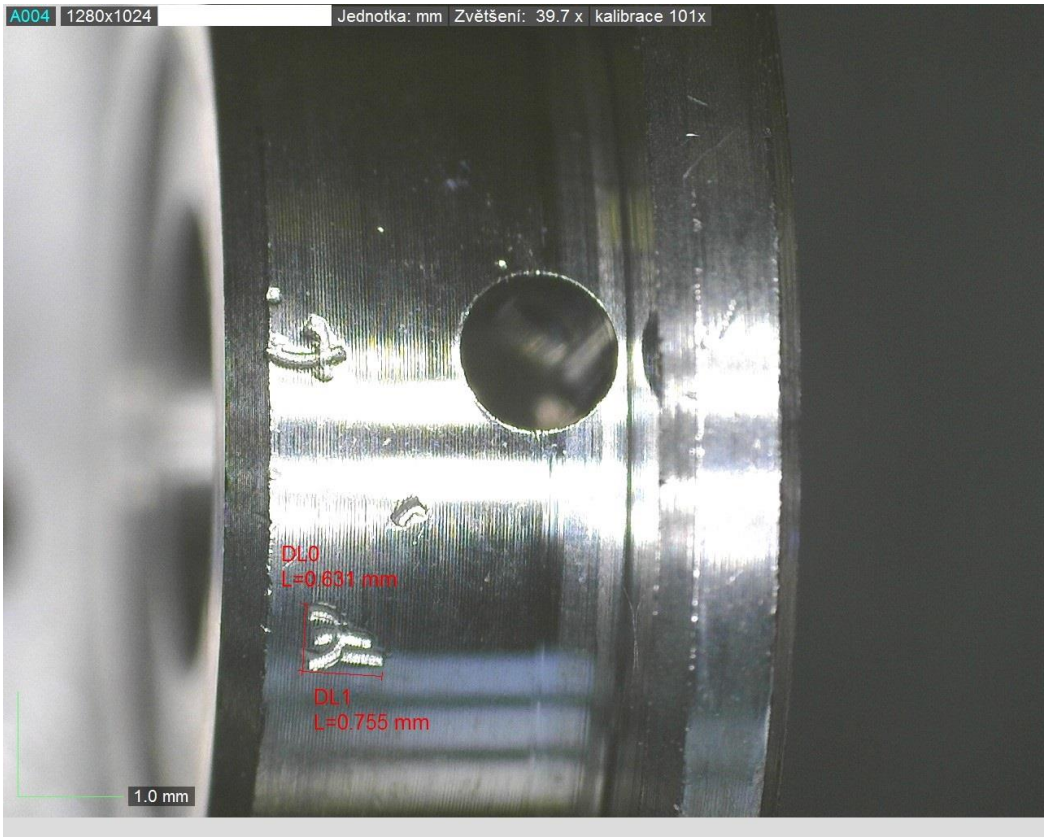
$x_m + 0,1*T$	4,4970	$x_{max\ g}$	4,4960	$x_g + 3*s_g$	4,4963
x_m	4,4950	$x_{min\ g}$	4,4950	x_g	4,49516
$x_m - 0,1*T$	4,4930	R_g	0,0010	$x_g - 3*s_g$	4,4940
0,2*T	0,004	K_{Cg}	0,2	$6*s_g$	0,00224
T	0,020	K_{Cgk}	*0,1*	s_g	0,00037

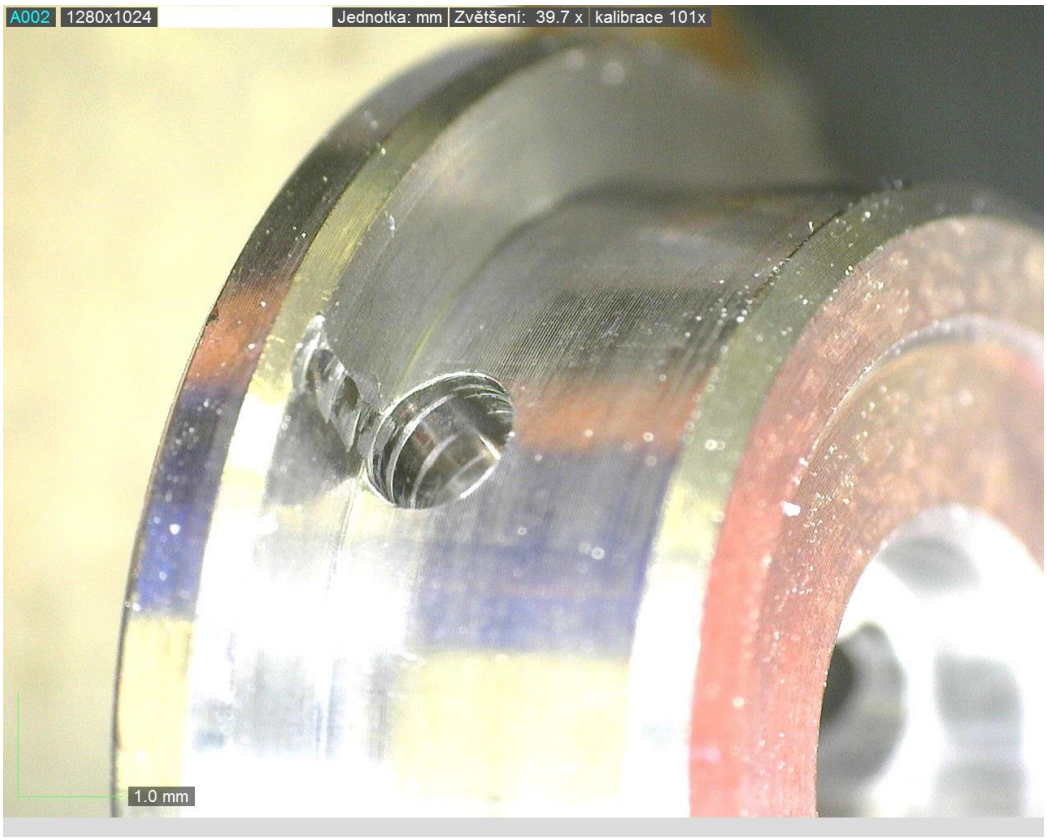
Index of qualification	$C_g = \frac{0,2 \times T}{6 \times s_g}$	$C_g \geq C_{gk}$ $C_g \geq 1,67$	1,78
Index of qualification	$C_{gk} = \frac{0,1 \times T - (x_g - x_m)}{3 \times s_g}$	$C_{gk} \geq 1,33$	1,64

Vyplnil:	Zapletalík	**Zkontroloval:**		**Datum:**	

PŘÍLOHA 10


A008 1280x1024
Jednotka: mm Zvětšení: 18.8 x kalibrace 101x
2.0 mm


A004 1280x1024
Jednotka: mm Zvětšení: 39.7 x kalibrace 101x
DL0
L=0.631 mm
DL1
L=0.755 mm
1.0 mm


A002
1280x1024
Jednotka: mm
Zvětšení: 39.7 x
kalibrace 101x
1.0 mm

A010
1280x1024
Jednotka: mm
Zvětšení: 39.7 x
kalibrace 101x
1.0 mm