

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Zabezpečování jakosti

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití nástrojů řízení kvality při zlepšování procesů

Autor: **Drahomíra BLECHOVÁ**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Helena Zídková, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

AUTORSKÁ PRÁVA

Podle Zákona o právu autorském č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Poděkování

Velmi ráda bych poděkovala všem, kteří přispěli k vypracování mé bakalářské práce.

Především děkuji vedoucí své bakalářské práce Doc. Ing. Heleně Zídkové, Ph.D. za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a konzultace. Děkuji též mému vedení firmy SKF, kde pracuji, kde mi umožnili uskutečnit bakalářskou práci. Také bych chtěla poděkovat mé rodině, která mě v mé studijní činnosti trpělivě podporuje.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení BLECHOVÁ	Jméno Drahomíra	
STUDIJNÍ OBOR	B2341 Zabezpečování jakosti		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. ZÍDKOVÁ, Ph.D.	Jméno Helena	
PRACOVNÍ MÍSTO	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Využití nástrojů řízení kvality při zlepšování procesů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	49	TEXTOVÁ ČÁST	42	GRAFICKÁ ČÁST	7
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)	Cílem této práce je navrhnout zlepšení procesů v rámci systémů kvality firmy Lincoln s.r.o. po vstupu do koncernu SKF na jednom z implementovaných projektů v oblasti kvality výroby a výrobku a tím se přiblížit ostatním společnostem SKF v řízení kvality systémů a zhodnocení výsledku, jakého bylo dosaženo.
ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	
KLÍČOVÁ SLOVA	Proces, kvalita v procesu obrábění, analýza stavu, diagram, pracovní postup.

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname BLECHOVÁ	Name Drahomíra	
FIELD OF STUDY	B2341 Zabezpečování jakosti		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. ZÍDKOVÁ, Ph.D.	Name Helena	
INSTITUTION	ZČU - FST – KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Using of quality tools by the process improvements.		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	49	TEXT PART	42	GRAPHICAL PART	7
BRIEF DESCRIPTION	Objectives of this work is to suggest processes and systems improvement after the enter Lincoln s.r.o. facility to concern SKF on one of implemented projects in the quality and production departement and thereby come near other SKF facilities in the quality control and systems and evaluation the achieved result.				
TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS					
KEY WORDS	Process, Quality in the Machining process, Status Analysis, Diagram, Working Instruction				

Použité zkratky	
SKF	Svenska kullagerfabriken – Švédská továrna na ložiska
VPG	Progressiv Verteiler Gross – Velký postupný rozdělovač
CNC	Computer Numeric Control – Číslicově řízený počítač (v obráběcích stroji)
QT	Quality technique – technika kvality
SPC	Statistic process control – Statisticky řízený proces
MSA	Measurement systems analysis – Analýza měřicího systému
Pp, Ppk	Process performance – index výkonnosti procesu
Cp, Cpk	Process Capability – Způsobilost procesu
Cg, Cgk	Gauge capability – Způsobilosti měřidla
Cm, Cmk	Machine capability – Způsobilost stroje
R&R	Repeatability and Reproducibility – Opakovatelnost a reprodukovatelnost
PPM	Parts per Million – podíl chyb z miliónu vyrobených

Obsah

1. ÚVOD	9
2. CÍL PRÁCE	9
3. PŘEDSTAVENÍ FIRMY LINCOLN CHODOV – SKF	9
4. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	10
4.1. Identifikace slabých míst	12
5. NÁVRH ŘEŠENÍ	12
5.1. Ustanovení týmu techniků	12
5.2. Identifikace parametru	13
5.2.1. Výřez z výkresu pro pilu	13
5.2.2. Shromažďování dat	17
5.2.3. Zpracování dat	17
5.2.4. Grafická znázornění	17
5.2.5. Charakteristiky polohy a variability	17
5.2.6. Výrobní proces a teorie pravděpodobnosti	18
5.2.7. Rozdělení náhodné veličiny	19
5.2.8. Ukazatel způsobilosti procesu	20
5.2.9. Metodika stanovení způsobilosti procesu - krátkodobé vyšetřování způsobilosti	21
5.2.10. Předběžné vyšetřování způsobilosti procesu	21
5.2.11. Dlouhodobé vyšetřování způsobilosti procesu	21
5.3. Postup projektu a termínový plán	23
5.4. Analýza způsobilosti měření	24
5.4.1. Měřidla – evidence, kalibrace	27
5.4.2. Provedení výpočtu strannosti C_g , C_{gk}	27
5.4.3. Výpočet strannosti	29
5.4.4. Vyhodnocení	30
5.4.5. Provedení analýzy R&R dle SKF, metodika, výpočet	30
5.4.6. Vyhodnocení	32
5.5. Stanovení a výpočet počáteční způsobilosti stroje	33
5.5.1. Metodika, výpočet	33
5.5.2. Sběr dat z procesu	35
5.5.3. Stabilita procesu:	36
5.5.4. Výpočet regulačních mezí neboli mezí zásahu:	37

Katedra technologie obrábění

Drahomíra Blechová

5.5.5.	Výpočet C_p , C_{pk}	37
5.5.6.	Vytvoření formuláře regulační karty	38
5.5.7.	Vytvoření návodky pro operátory ve výrobě	40
5.5.8.	Následné kroky	40
5.5.9.	Dlouhodobá způsobilost procesu	40
5.5.10.	Popis kritérií a signálů	41
6. ZHODNOCENÍ, ZÁVĚR		41

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha č. 1 - Regulační karta – 1+1 list

Příloha č. 2 – Návodka na správu regulačních karet – 1+4 listy

1. Úvod

Management systémů kvality je popsán normou ČSN EN ISO 9001:2015. Tato norma je českým překladem mezinárodní Evropské normy EN ISO 9001:2014. Firmy usilující o získání a vlastníci certifikát podle této normy jsou pravidelně auditovány a při splnění všech požadavků popsaných v této normě mohou získat certifikát s platností 3 roky. V mezidobí se dále každý rok ověřují tzv. audity dohledovými.

2. Cíl práce

Cílem této práce je navrhnout možnosti zlepšení procesů a systémů kvality firmy Lincoln s.r.o. po vstupu do koncernu SKF na jednom z implementovaných projektů. Tato práce by měla popsat převzetí jednoho ze standardů v oblasti kvality výroby a výrobku a tím se přiblížit ostatním společnostem SKF v řízení kvality systémů a zhodnocení výsledku, jakého bylo dosaženo.

3. Představení firmy Lincoln Chodov – SKF

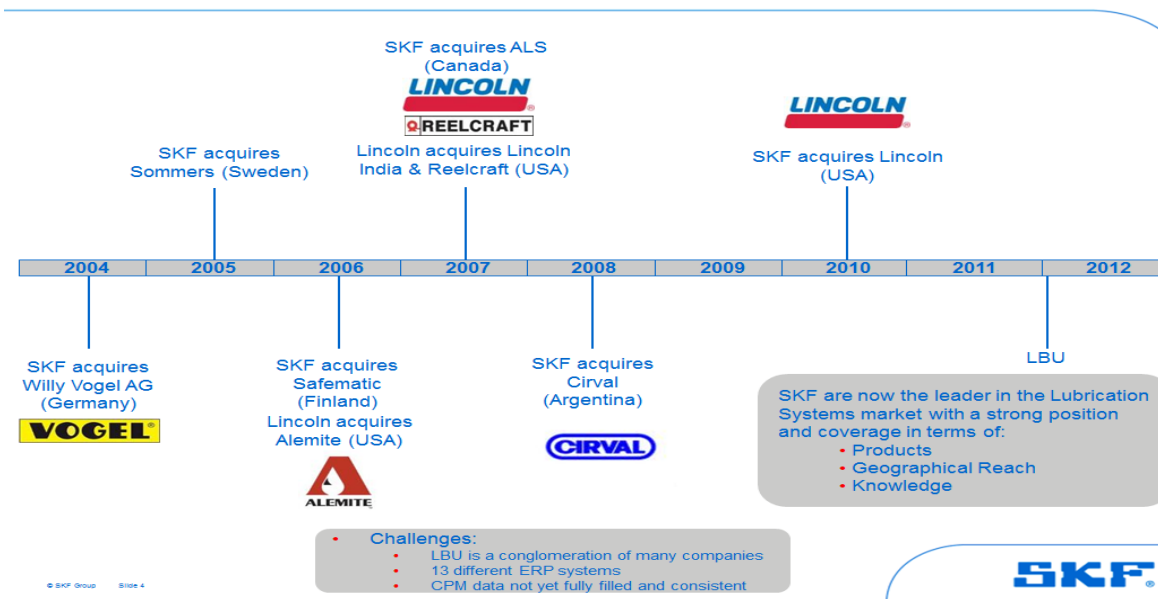
Firma LINCOLN / HELIOS byla založena v roce 1920 v Německu, v roce 1995 byla založena její česká pobočka LINCOLN CZ. Do roku 1999 byla v pronajatých prostorách, pak si postavila svou výrobní halu. Do roku 2009 měla už haly 3. V roce 2010 jí koupila firma SKF. Dnes má SKF s.r.o. už pátou halu a zaměstnává přibližně 400 lidí, z toho 300 výrobních dělníků.

Firma SKF byla založena v roce 1919, o 9 let později byla založena i její Česká pobočka v Praze, která nepřetržitě funguje dodnes. V roce 1929 mělo SKF již 600 zaměstnanců. Další rozvoj SKF znázorňuje časová osa (obr. 1). V roce 2015 došlo k přejmenování LINCOLN CZ s.r.o. na SKF Lubrications Systems CZ s.r.o.

Firma SKF vyrábí prioritně ložiska a těsnící kroužky. Lincoln se zabývá výrobou mazacích systémů. Obě části se navzájem dobře doplňují, každé ložisko se musí mazat a mazání by mělo být řízeno.

Mazací systém se obecně sestává z čerpadla, řízeného procesorem, se zásobníkem maziva, které je dále soustavou hadiček a trubiček přes rozdělovače dopravováno do koncových mazaných míst, kterých by mohlo být až v počtu 100.

Timeline – History of Lubrication Business Unit



Obrázek 1

4. Analýza současného stavu

Společnost LINCOLN s.r.o. CZ získala poprvé certifikát dle ISO 9001:2000 v roce 2007 od společnosti DQS GmbH společně s Německou mateřskou firmou která má sídlo ve Walldorfu a s prodejní pobočkou se sídlem v Erkrathu. Audity se provádí a prováděly jako pro jeden celek a byly platné vždy pro všechny tři společnosti. V té době ještě nebyla vlastněna společností SKF. Ta získala společnost jako celek pro společnost SKF po dlouhém čekání na její uvolnění ze svazku jiné společnosti. Firma SKF vyrábí prioritně ložiska, také těsnící kroužky a ložisková těsnění. Mazací systémy od firmy Lincoln se přímo nabízejí jako doplněk portfolia, proto bylo toto spojení tolik očekávané a tolik žádané. Důvodem pro volbu tohoto tématu pro bakalářskou práci je skutečnost, že v této firmě pracuji na pozici manažera kvality, zmocněnce pro kvalitu a zároveň vedoucí auditního týmu. Popsané téma se mě profesně týká a byla jsem zároveň vedoucí projektů, které toto téma řešily, a těchto projektů jsem byla též aktivně účastna. To znamená, že byly vykonávány osobně aktivně i analýzy a výpočty, návodky a dohled na jejich uvedení do života.

V rámci vstupu firmy Lincoln do společnosti SKF byly postupně přebírány i jejich standardy přibližující se k automobilovým standardům, které jsou pro SKF platné a nejsou popsány ani obsaženy v normě ČSN EN ISO 9001. Po vstupu do společnosti SKF bylo nutno převzít i jejich systémy, tedy i systém řízení neboli managementu kvality. Tento systém technik kvality je popsán v interních brožurách QT0. Jedním ze standardů SKF je mimo jiné sledování výkonnosti procesů z pohledu kvality pomocí statistických metod a to pomocí nástroje SPC. Tento požadavek není v normě ČSN EN ISO 9001:2009 zaveden, naše procesy ani jiná naše dokumentace takový požadavek dříve neobsahovala. Tato skutečnost byla mimo jiné pojmenována jako nález i při interním křížovém auditu prováděném kolegy z jiné společnosti patřící do SKF. Proto byl problém uchopen v rámci nápravného opatření z tohoto auditu. V naší výrobní výkresové dokumentaci žádný parametr nebyl označen jako důležitý znak neboli Significant Characteristic (SC), ani nevzešel z našich analýz procesů takový požadavek sledovat a statisticky vyhodnocovat. Naskytl se ale výrobní problém, kde nám tento postup mohl pomoci. Jedním z našich stěžejních výrobků jsou rozdělovače, VPG (Verteiler Progresiv Gross, neboli v překladu: Velký postupný rozdělovač), (obr. 2), těchto výrobků se vyrábí ročně kolem 40 tisíc kusů v různém provedení a ve velikostech pístových vrtání 4 – 10 mm. (obr. 3)



Obrázek 2

4.1. Identifikace slabých míst

Polotovarem pro výrobu rozdělovače VPK je hlazená tyčovina obdélníkového profilu, která je na pile řezána na čisto a dále se povrch už nijak neopravuje. Na dalším pracovišti jsou odstraněny otřepy po řezání. Dalšími kroky je obrábění na CNC strojích, především vrtání a frézování uvnitř dílů. Následně jsou rozdělovače externě galvanicky pokovena zinkovým povlakem bez obsahu šestimocného chromu a navrch je nanášena transparentní silnovrstvá pasivace. Teprve pak jsou honovány pístové díry, spasovány písty dle předepsané tolerance, uzavírají se šrouby a provádí se tlaková zkouška a zkouška funkce.

Právě po procesu řezání na pile je požadováno dodržení rozměru délky, protože tento parametr je důležitý pro další upínání v CNC obráběcích stroji.

5. Návrh řešení

1. Ustanovení týmu techniků
2. Identifikace parametru
3. Provedení analýzy systému měření
4. Provedení analýzy způsobilosti procesu

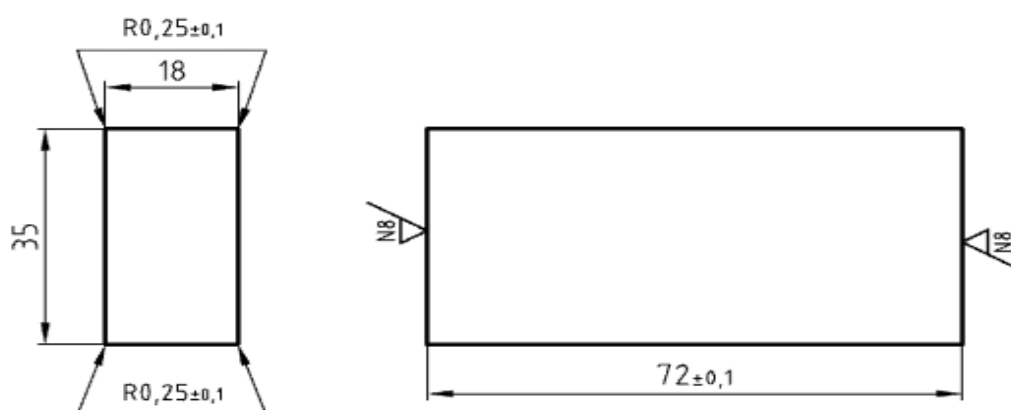
5.1. Ustanovení týmu techniků

Do týmu byli vybráni technici kvality z obrobny, kteří se denně v provozu pohybují. Rovněž byli požádáni o podporu mistři výroby, technolog a vedoucí výrobního týmu.

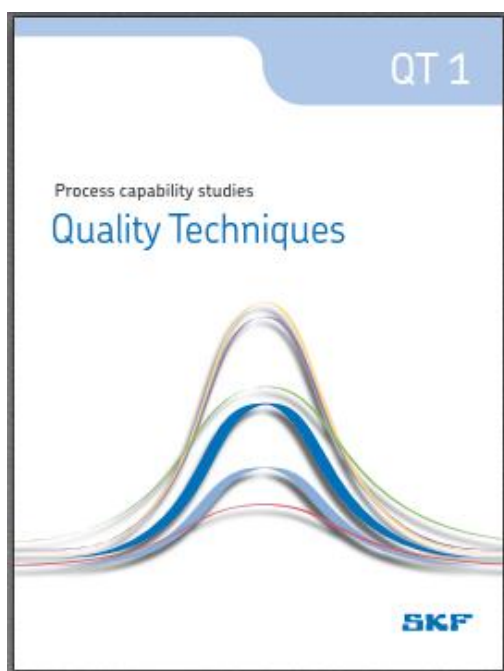
5.2. Identifikace parametru

V nedávné minulosti byla do provozu uvedena nová CNC pila, kde bylo nutno sledovat životnost řezacího kotouče. Kondice tohoto řezacího kotouče a jeho upnutí má totiž přímý vliv na kvalitu řezu. Na výkresu je konstruktérem předepsána drsnost, kterou dosahujeme bez problémů, problémy jsme ale měli s rovinností řezu, v konečném efektu mající vliv i na délku dílu. Díly se řezou v počtu pěti kusů vedle sebe. Konečnému zákazníkovi by odchylky nebyly na závadu, nemají totiž žádný vliv na funkci výrobku. Tyto odchylky by mohly být zátěží pro naše další procesy při upínání obrobků do zakládání v CNC Frézce, otáčení obrobku pro další obráběcí operace. Proto bylo rozhodnuto, že tento parametr je nutno kontrolovat. Statistické metody nám mohou pomoci tento parametr sledovat za vynaložení minimálních nákladů a získáním maximálního množství informací, aby byla vyloučena výroba zbytečných zmetků. Tyto zmetky prodražují výrobu, čím více operací je na obrobku provedeno, než se vyřadí do šrotu, tím jsou finanční ztráty větší.

5.2.1. Výřez z výkresu pro pilu



Obrázek 3



Obrázek 4

Samotný požadavek na SPC je popsán interní směrnici QT1 Process capability studies – Techniky kvality, Studie způsobilosti procesu. Podmínkou správného sledování SPC měřením je též provedená analýza měřicího systému MSA. Tato brožura čerpá kromě jiného z manuálu AIAG Statistical Process Control – Reference Manual (July 2005, 2nd Edition).

Regulační meze nejsou toleranční meze. Regulační meze, jakmile je dosáhneme, nám jasně oznamují stav statistické regulace, říkají nám, jaký je proces a jaký bude zítra. Ukazují nám to prostřednictvím regulačního diagramu.

Dr. W. Edwards Deming (Z krize)

[1]

Obecné případy odkazují na mnoho náhodných zdrojů variability, které rovnoměrně ovlivňují proces. Obecné případy s procesem produkují stabilní a opakovatelné rozdělení v čase. Proces, který má jen obecné případy, je nazýván, že „je ve stavu statistického řízení“, „statisticky zvládnutý“, někdy jen „pod kontrolou“ nebo „stabilní“. Pokud se vyskytují jen obecné případy variability a nemění se, je výstup a proces předvídatelný.

[2]

Stabilní proces

Proces, jehož subjektem bývají obecné příčiny variability, se nazývá stabilní (konzistentní) proces. Říká se, že je ve stavu statisticky řízeném. Stabilita procesu pouze naznačuje, že výstup je předvídatelný se statisticky stanovenými hranicemi. Obecně, k redukování variability stabilního procesu, proces sám musí být změněn.

[2]

Způsobilst processu

Způsobilst processu je určena variabilitou vznikající z obecných příčin. Reprezentují jej (potenciálně) jako nejlepší výkon v processu. Je to znázorněno, pokud je proces ovládán v stavu statistického řízení bez ohledu na specifikaci

[2]

Výkonnost processu

Výkonnost processu je celkový výstup z processu související s požadavky (definovanými ve specifikaci)

[2]

Index výkonnosti

Index výkonnosti P_p porovnává výkonnost processu k maximální dovolené variabilitě indikované tolerancemi. P_p není ovlivněn polohou processu. Tento index může být počítán pouze u oboustranných tolerancí, není zamýšlen pro jednostrannou toleranci (jednostranná tolerance, s pouze jednou stanovenou tolerancí). Index výkonnosti P_{pk} říká polohu processu a také jak se výkonnost započte. P_{pk} je vždy menší nebo stejné jako P_p .

[2]

Prvořadým cílem studie způsobilsti processu jsou:

rozhodnutí o přijetí, zamítnutí nebo zlepšení processu a / nebo specifikaci

popis schopnosti processu splňovat zákaznické požadavky během delšího časového úseku s množstvím možných zdrojů variability majících příležitost ovlivnit proces během hodnocení (m. j. kvantifikovat variabilitu processu)

k získání cenných znalostí o chování processu, které pomohou v provádění neustálého zlepšování

použití indexu způsobilsti jako základu pro předvídaní jak se proces bude chovat za použití statistických dat shromážděných z processu

[2]

Studie způsobilsti processu má být provedena

- ve vývojové fázi processu
- při novém převzetí nebo dodávacím místě
- při nově zřízeném processu (při novém nebo přeskladněném produktu nebo processu)
- u normálních intervalů pro kritické procesy
- při schvalování procesních zlepšení

- po hlavních změnách nebo úpravách procesu nebo produktu
- na zákaznický požadavek

[2]

Počáteční studie způsobilosti se zakládá na měření sebraných dat z provozního náběhu. Data se analyzují za použití histogramu, pravděpodobnostního průběhu a řídicího diagramu, který se později zavede na místě sledování statistického řízení. Pokud nejsou nalezeny speciální důvody, mohou se vypočítat indexy způsobilosti. Pokud proces není pod statistickou kontrolou, požadují se aktivity spojené se speciálními příčinami variability. Pokud se tak rozhodne, následně po počáteční studii způsobilosti se implementuje výrobní proces pro následnou studii způsobilosti. Vzorky by měly být odebrány z delší doby a tímto způsobem zdůrazněny všechny očekávané zdroje variability. Mnohé zdroje variability totiž nemusí být zpozorovány v počáteční studii způsobilosti. Když je pak nasbíráno dostatečné množství dat a znázorněno graficky do řídicího diagramu, pokud nejsou nalezeny zvláštní příčiny, mohou být spočteny indexy způsobilosti.

[2]

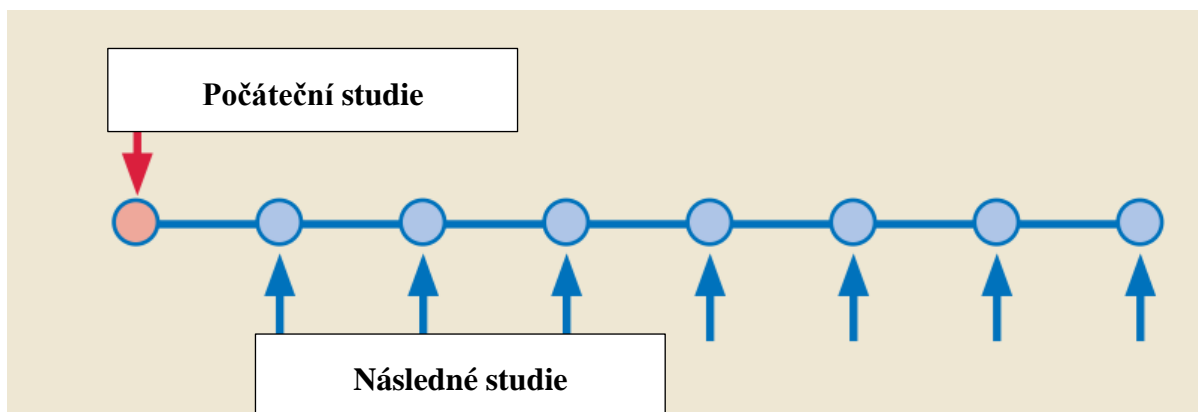


Diagram 1

Statistické zkoumání lze zpravidla rozdělit do tří etap

- Shromažďování dat
- Zpracování dat
- Rozbor dat

5.2.2. Shromažďování dat

Sběr dat je nejdůležitější část každého zlepšovacího procesu. Data bylo nutné nejen pečlivě sbírat, ale i dobře analyzovat, vyhodnocovat a na základě jejich vyhodnocení pak provádět opatření k nápravě. Abychom mohli získat a analyzovat tato data, bylo nutno stanovit pracoviště pro sběr dat, určit jednotky, které budou dále zpracovány, statistický znak, např. rozměr, způsob vyhodnocení, nebo měření parametru a hlavně: kdo a jakým způsobem bude data sbírat, zpracovávat, vyhodnocovat a provádět zásahy.

5.2.3. Zpracování dat

Jednou z možností, jak data zpřehlednit a získat rozhodující informace o analyzovaném souboru, je jejich setřídění. Třídění spočívá v rozdělení jednotek souboru skupin, které umožní zjistit charakteristické vlastnosti zkoumaných jevů. Cílem je přehledné uspořádání a zhuštění.

[3]

5.2.4. Grafická znázornění

Existuje mnoho způsobů grafických znázornění, přesto je většinou tabulkové uspořádání ještě málo přehledné. Proto je vhodné informace zobrazovat formou grafů. Ty dávají rychlou a přehlednou informaci o trendech a rozložení dat uvnitř souboru. Pro znázornění intervalového rozdělení četností se používá histogram. Je to sloupcový graf, základny sloupců odpovídají velikostem tříd, podle nichž jsou data setříděna.

5.2.5. Charakteristiky polohy a variability

Varianta znaku x_i	Četnost		Kumulativní četnost	
	Absolutní n_i	Relativní f_i	Absolutní N_i	Relativní f_i
x_1	n_1	f_1	n_1	f_1
x_2	n_2	f_2	n_2	f_2
x_j	n_j	f_j	$\sum n_j = n$	$\sum f_j = f$
Celkem	$\sum_{j=1}^k n_j = n$	$\sum_{j=1}^k f_j = f$		

Tabulka 1

Charakteristiky polohy a variability jsou parametry při zjišťování způsobilostí procesů a měření. Při měření se používá metoda pomocí středních hodnot. Střední hodnota vypočtená z celého souboru hodnot se nazývá aritmetický průměr, značíme jej μ . Střední hodnota vypočtená z výběrového souboru, tedy z výběru hodnot je výběrový průměr a značí se \bar{x} . Střední hodnota založená na výběru prostřední hodnoty se nazývá Medián, značíme jej Me. Pro $n =$ liché je Me střední hodnota. Pro $n =$ sudé je Me aritmetický průměr dvou prostředních hodnot.

Soubory dat mohou mít stejnou polohu, ale mohou se lišit variabilitou.

Výběrový rozptyl s^2 měří variabilitu kolem aritmetického průměru i variabilitu odchylek jednotlivých hodnot znaku. Tyto charakteristiky znázorňuje tabulka 1.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad [2]$$

Výběrové rozpětí R se definuje jako rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou znaku

$$R = x_{max} - x_{min} \quad [3]$$

5.2.6. Výrobní proces a teorie pravděpodobnosti

Výrobní procesy, zejména ty probíhající opakovaně, tedy například sériové procesy a jejichž výsledky jsou shodné a při různých výběrových množstvích vykazují stabilní výsledky, lze považovat za stabilní. Pravděpodobnost značí míru, s jakou se očekává výsledek. Pak platí:

$$P(A) = \frac{m}{n} \quad [3]$$

P... pravděpodobnost jevu A

m...počet následných výskytů jevu

n... celkový počet jevů

Tedy: házíme-li kostkou, při jednom hodu máme pravděpodobnost $P = \frac{1}{6}$, že nám padne šestka.

5.2.7. Rozdělení náhodné veličiny

Ke každému jevu, tedy i výrobní operaci je přiřazen výsledek, který se nám jeví jako náhodný. Náhodné veličiny mohou být buď spojité (např. rozměry) nebo diskrétní (např. počty neshodných výrobků). Jako model chování velkého počtu náhodných jevů se využívá normální rozdělení. Využívá se například v technice, přírodních vědách a ekonomii. Je vhodným pravděpodobnostním modelem základního souboru, působí-li na kolísání náhodné veličiny počet nepatrných vzájemně nezávislých vlivů.

Za působení náhodných příčin má normální rozdělení náhodné veličiny parametry: μ a σ^2 a hustota pravděpodobnosti normálně rozdělené náhodné veličiny je dána funkcí:

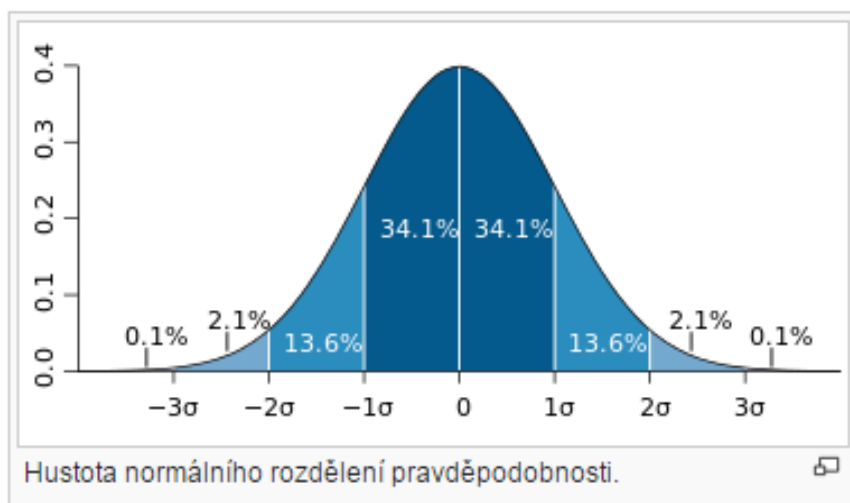
μ ... střední hodnota normálního rozdělení charakterizuje polohu tohoto rozdělení. Pro

výpočet středních hodnot pak platí: $\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

σ^2 ... označuje rozptyl normálního rozdělení a charakterizuje míru variability neboli rozptýlení kolem střední hodnoty: $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$

Kladně vzatá odmocnina rozptylu je směrodatná odchylka σ . Normální rozdělení s parametry μ a σ^2 se značí $N(\mu; \sigma^2)$. Velikost parametrů určuje polohu a šířku. Pro různá σ a μ je křivka normálního rozdělení (též zvaná Gaussova křivka) a její distribuční funkce znázorněna na obrázku 5.

[3]



Obrázek 5

[4]

5.2.8. Ukazatel způsobilosti procesu

Ukazatel způsobilosti procesu C_p je definován jako poměr mezi tolerancí (šířkou tolerance) a velikostí variability procesu, danou 6σ :

$$C_p = \frac{T_H - T_D}{6 \cdot \sigma}$$

T_H ... Horní tolerance, v angličtině se používá zkratka USL (Upper Specifications Limit)

T_D ... Dolní tolerance, v Angličtině se používá zkratka LSL (Lower Specifications Limit)

Druhý ukazatel způsobilosti procesu C_{pk} se vyhodnocuje, protože průměrná hodnota nemusí ležet uprostřed tolerance. Je určen polohou průměrné hodnoty vzhledem k horní a dolní toleranci a stanoví se z poměru:

$$C_{pU} = \frac{T_H - \mu}{3 \cdot \sigma}$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - T_D}{3 \cdot \sigma}$$

Platí:

C_{pk} je menší z obou hodnot C_{pU} a C_{pL}

C_{pk} je vždy menší nebo v ideálním případě rovno C_p

[3] Čím větší hodnoty dosahuje index C_{pk} , tím menší je pravděpodobnost vzniku vyrobených dílů mimo toleranci a jejich případného úniku do dalšího procesu nebo k zákazníkovi.

Pravděpodobnost vzniku počtu kusů mimo toleranci znázorňuje tabulka 2.

$C_p = C_{pk}$	Záruka (mimo T)	μ	σ
1	2 700 PPM	střed tolerance	T/6
1,33	64 PPM	střed tolerance	T/8
1,67	1 PPM	střed tolerance	T/10
2	2 PPB	střed tolerance	T/12

Tabulka 2

[3]

Minimálním současným požadavkem způsobilosti procesu je $C_{pk} \geq 1,33$, kde se předpokládá 64 PPM.

PPM... Parts Per Million neboli počet zmetků vyrobených na milión vyrobených kusů. V tomto případě je tedy předpoklad vzniku 64 zmetků z miliónu vyrobených dílů. Je to moc nebo málo? V automobilovém průmyslu by to znamenalo, že 64 z 1 milionu aut by mohlo mít vadu.

5.2.9. Metodika stanovení způsobilosti procesu - krátkodobé vyšetřování způsobilosti

Obvykle se provádí při přejímání výrobního zařízení nebo strojů, proto se také nazývá způsobilost strojů. Při tomto vyšetřování se sledují vlivy, které charakterizují výrobní zařízení.

[3]

Obvykle se rozdělí 50 po sobě vyrobených dílů na 10 podskupin po 5 dílech a výsledky se zaznamenají v časové posloupnosti jejich odběru, aby se zjistily případné trendy. V dalším se 50 hodnot použije k vyšetření tvaru rozdělení (pomocí histogramu se mohou identifikovat zvláštní příčiny) a výpočtu ukazatelů způsobilosti.

[3]

5.2.10. Předběžné vyšetřování způsobilosti procesu

Je prováděno před náběhem sériové výroby. Odebírá se ve stejných časových intervalech alespoň 20 podskupin minimálně po 3 dílech. Ke zvýšení vypovídající schopnosti bychom měli odebrat aspoň 25 podskupin po 5 dílech.

5.2.11. Dlouhodobé vyšetřování způsobilosti procesu

Provádí se za skutečných sériových podmínek procesu. Časové období musí být tak dlouhé, aby vyšetřování zahrnuo všechny faktory, které ovlivňují rozptýlení. Postup je stejný jako u předběžného vyšetřování způsobilosti procesu. Za normálních podmínek musí sledování pokrýt alespoň 20 výrobních dnů.

[3]

SPC - Statistical Process Control - Statistická regulace procesu

Statistickou regulací procesu se rozumí jeho udržování v ustáleném a požadovaném stavu. Předpokládá se přitom, že chování procesu je charakterizováno chováním jedné nebo více veličin = parametrů. Předpokládá se, že se jejich hodnoty pravidelně kontrolují, například měřeními. Ukáže-li se, že se hodnoty vychylují, provede se zásah, kterým se proces vrátí do požadovaného stavu, viz diagram 1.

[3]

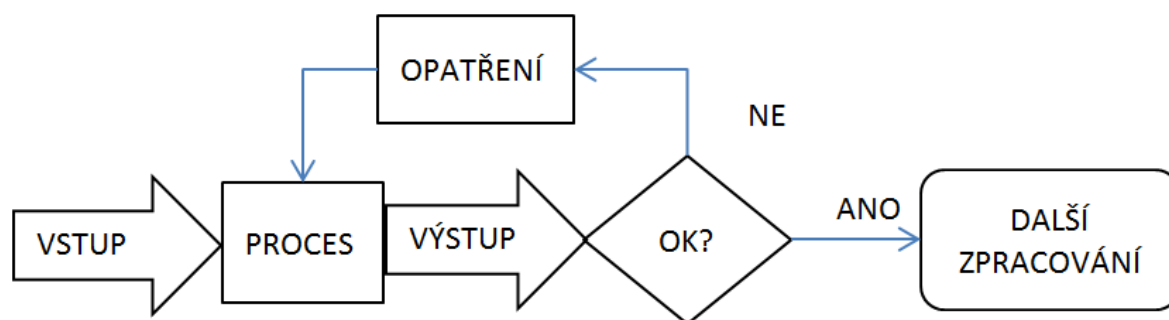
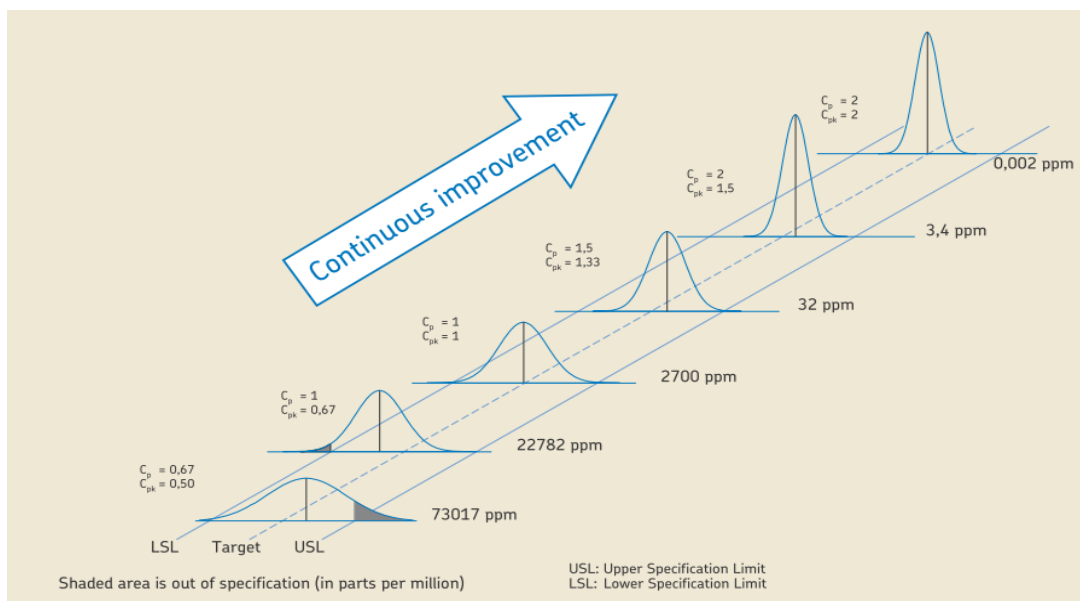


Diagram 2

[3]

Neustálé zlepšování pomocí SPC, je znázorněno stále se zužující a zvyšující Gaussovou křivkou, obrázek 6.



Obrázek 6

[2]

5.3. Postup projektu a termínový plán

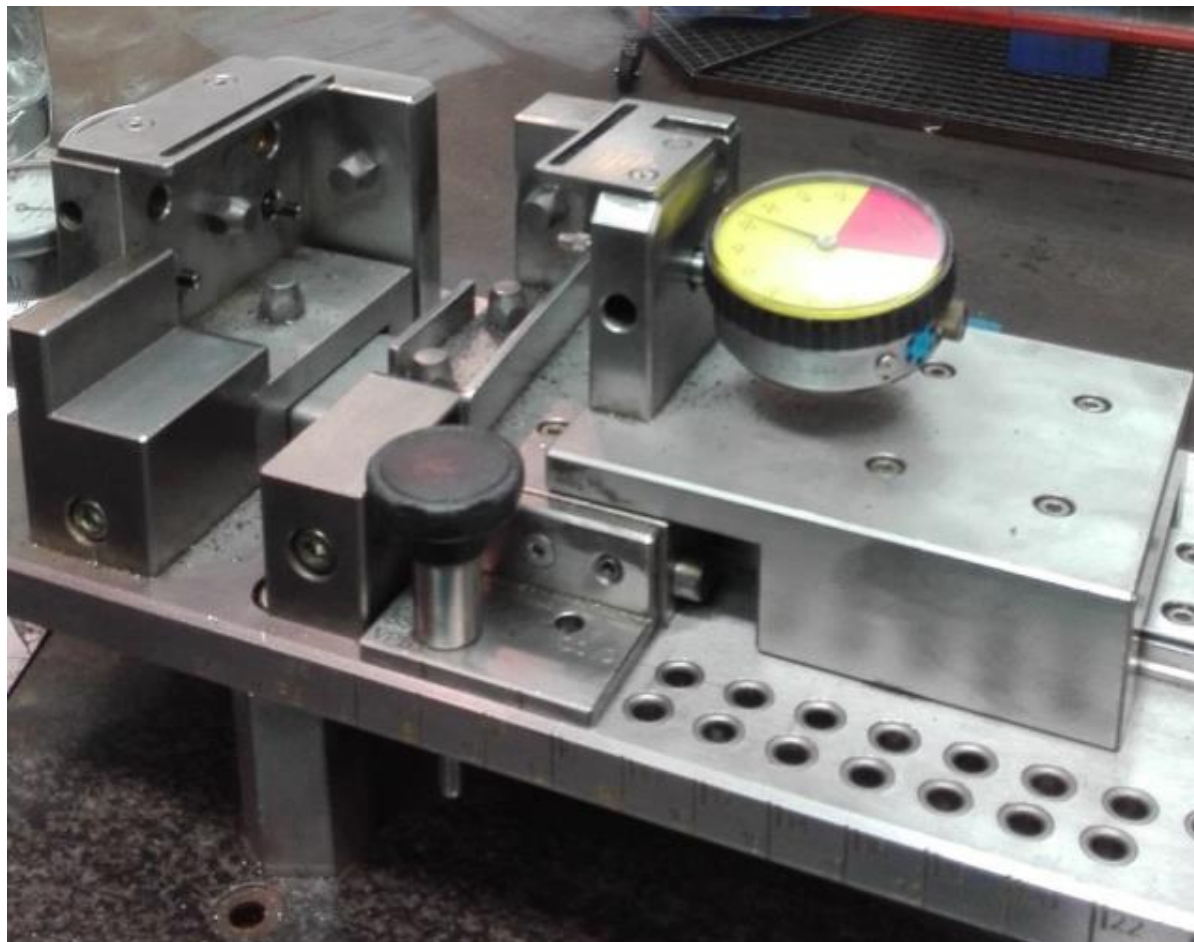
Projekt implementace SPC a MSA bylo nutné naplánovat s ohledem na hlavní výrobní činnosti firmy, aby nebyla ohrožena ani produktivita a ani kvalita sériových výrobků. Aby byl projekt uskutečnitelný, bylo potřeba stanovit projektové atributy, jedním z nich je projektový plán, ve kterém se vyznačí seznam kroků, které je potřeba uskutečnit. K těmto krokům bylo nutno přiřadit termíny tak, aby byl projekt bez dalších omezení ostatních činností včas úspěšně ukončen. Každý krok dostal přiřazen svého majitele, tedy odpovědnou osobu. Vedením projektu jsem již dříve byla jako vlastníka procesu pověřena já sama.

Postup projektu znázorňuje navržený termínový plán ve formě jednoduché tabulky č. 3.

Rok	2015	2015	2016	2016	2016	2016	2016
Týden							
Plánovaný krok	40 - 45	45 - 50	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25
Příprava projektu, volba parametru							
Analýza MSA							
Předběžné vyšetřování způsobilosti procesu - sběr hodnot							
Počáteční studie způsobilosti - vyhodnocení							
Předběžné vyšetřování způsobilosti procesu- vyhodnocení							
Dlouhodobé vyšetřování způsobilosti procesu, start							
Statistická regulace procesu							

Tabulka 3

Parametry ke sledování byly tedy stanoveny a podařilo se nám zvolit takové, jejichž stabilita přinese našim procesům interně užitek.



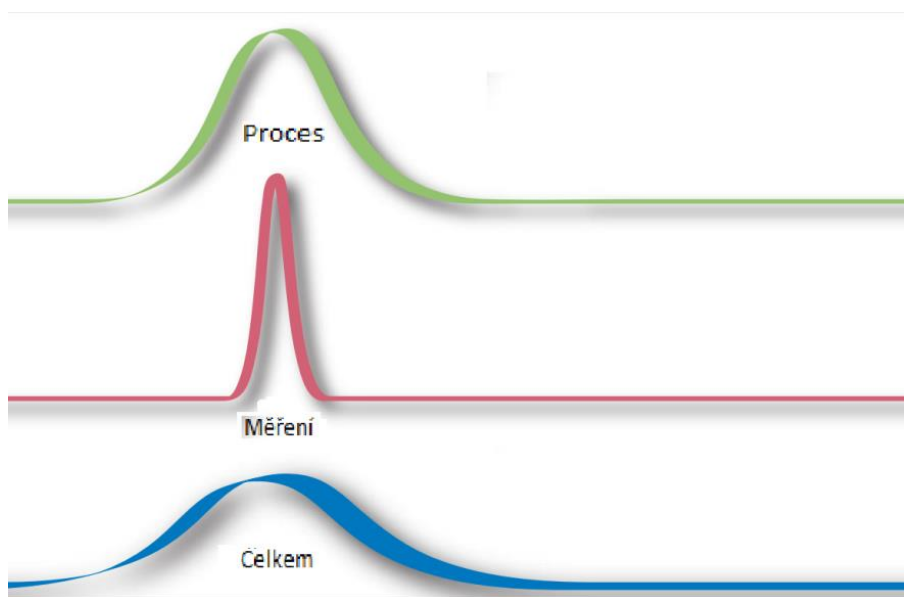
Obrázek 7

Měřicí metoda byla částečně daná metodikou SKF, měřidlo bylo navrženo a vyrobeno v rámci projektu implementace CNC pily. Během používání byl ověřen i takový předpoklad, že měřidla ob stojí i v sériové produkci a měření zvládne i obráběč na pracovišti a výrobek není nutno přesunovat do laboratoře. To by mělo za následek další komplikace. Před samotným testem bylo ale nutno ověřit, zda jsou měřicí metody a měřidla způsobilé. Na obr. 7 je vidět měřicí zařízení s úchylkoměrem.

5.4. Analýza způsobilosti měření

Analýza způsobilosti měření pomůže odhalit variabilitu při procesu měření. Nejprve se doporučuje provést studii strannosti, tedy C_g , C_{gk} studii podle metodiky FORD. Pokud při této analýze měřidlo vyhoví, může se pokračovat se studií R&R (Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti). V obou případech je nutná příprava, odebrání správných dílů, pečlivé provedení měření, záznam naměřených hodnot, analýza, výpočet a vyhodnocení.

Proto byly ověřeny všechny tři proměnné sledované při studiích analýzy měřících systémů MSA – variabilita produktu v rámci procesu, variabilita způsobená měřidlem a variabilita způsobená člověkem. Výsledná variabilita měření přidává variabilitě procesu další hodnotu a proto je celková variabilita součtem těchto variabilit, (viz obr. 8 a 9):



Obrázek 8

[2]

$$\sigma_{\text{Celkový}}^2 = \sigma_{\text{Procesu}}^2 + \sigma_{\text{Měření}}^2$$

Obrázek 9

[2]

Postup, jakým byla studie způsobilosti měření provedena, znázorňuje vývojový diagram 3.

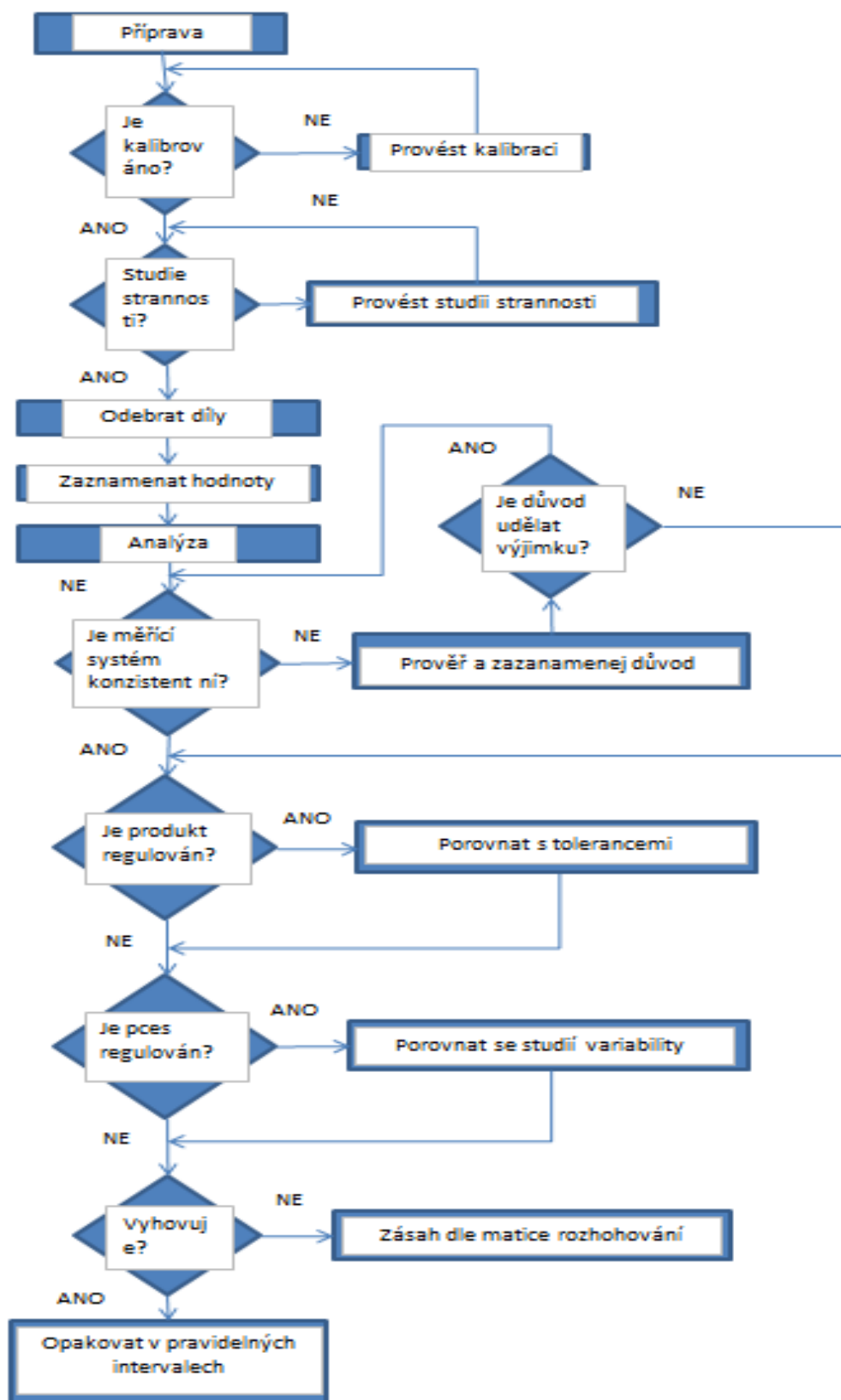


Diagram 3

5.4.1. Měřidla – evidence, kalibrace

Všechna naše měřidla jsou zaevidována. Evidenční čísla se skládají ze dvou trojčíslí. První trojice znamená skupinu měřidel, druhá trojice pořadové číslo, například číselníkový úchylkoměr má evidenční číslo 076-019. To znamená, že trojčíslí 076 označuje skupinu číselníkových úchylkoměr, 019 je jeho pořadové číslo. Test byl proveden dne 30. 10. 2015. Kontrolou v databázi bylo ověřeno datum poslední kalibrace 2/2015, příští kalibrace je naplánována na 2/2016. Tato informace je i vylepena ve formě kruhového štítku na měřidle. Tento úchylkoměr je součástí měřícího přípravku, kam je díl pro měření zakládán. Při posledním interním auditu bylo ze strany auditorů upozorňováno na to, že by měl být kalibrován celý přípravek, protože je celý měřící přípravek považován za měřidlo. Následně bylo ale prokázáno, že přípravek je pravidelně ověřován vzorovým kusem, který pravidelně kalibrován je. Proto tento přípravek není nutno zvlášť kalibrovat.

5.4.2. Provedení výpočtu strannosti Cg, Cgk

Metodika Cg, Cgk je převzata od standardů firmy Ford. Postup při provádění tohoto testu je následující: Má se odebrat 1 kus z výroby, na kterém se testy provádí. Tento kus má být ze sériové produkce, ze střední části procesu, jeho hodnoty leží uvnitř tolerance. Nedoporučuje se test provádět na etalonu jakým je například koncová měrka, jen v ojedinělých a předem odůvodněných případech je to možné. Nedá se tím ale ověřit skutečná schopnost měřidla, zda tento rozměr může měřit. Skutečný díl může být například natolik nestabilní, měkký, kluzký a podobně, že se schopnost měřidla spolehlivě nezjistí a teprve následně při sériovém měření může odhalit tento nedostatek a chybu v testování. Proto se má test provádět přímo na díle.

Tento jeden kus je tedy určeným měřidlem změřen jedním operátorem padesátkrát, hodnoty se zaznamenají a vyhodnotí dle předepsaných postupů, metodiky FORD.

Pozor! Pokud se zjistí, že všech 50 hodnot je opravdu shodných, je chyba v rozlišovací schopnosti měřidla a pro zdárný výsledek testu se musí zvolit jiné měřidlo s vyšším rozlišením!

Pro test byl odebrán tedy 1 ks a 50x byl změřen jedním operátorem, jedním měřidlem. Výsledky byly zaznamenány do tabulky 4. Grafické znázornění hodnot a hodnoty setříděné do skupin jsou vyobrazeny v diagramech 4 a 5.

Cg, Cgk Studie**Číslo dílu****Rozměr**

72,0±0,1

Tolerance 0,2

Měřidlo:

Digitální úchylkoměr

Číslo měřidla:

076-019

Datum:

30.10.2015

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	72,021	72,019	72,024	72,021	72,022	72,022	72,021	72,019	72,021	72,021
2	72,020	72,018	72,022	72,022	72,022	72,024	72,021	72,018	72,024	72,023
3	72,022	72,019	72,020	72,018	72,018	72,019	72,023	72,018	72,020	72,023
4	72,024	72,021	72,020	72,023	72,023	72,023	72,020	72,024	72,019	72,020
5	72,021	72,020	72,018	72,022	72,020	72,020	72,021	72,021	72,022	72,019

Tabulka 4

Grafické znázornění hodnot podle sledu měření od 1 do 50, diagram 4, zde je možno pozorovat průběh naměřených hodnot, maxima, minima,...

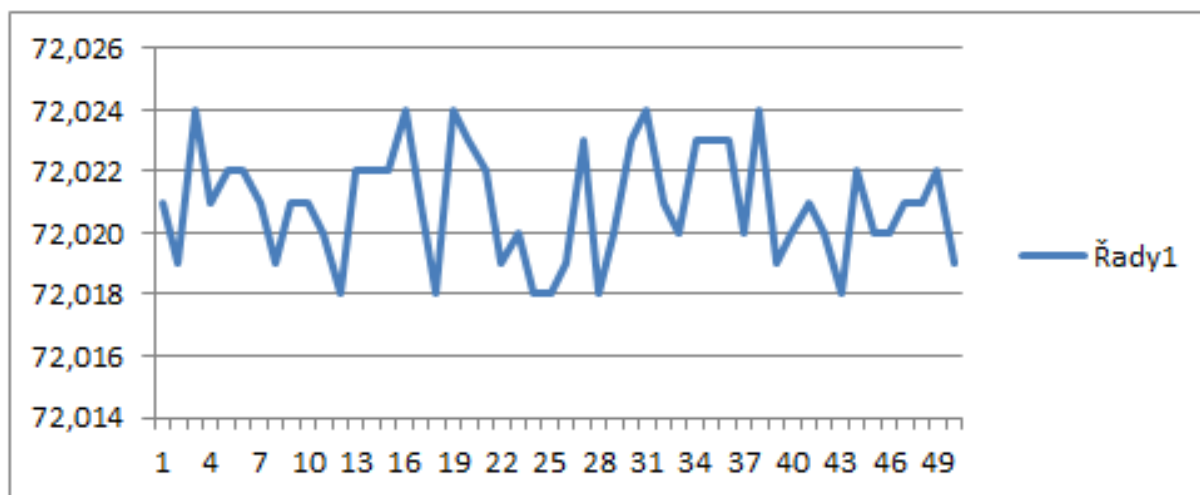


Diagram 4

Naměřené hodnoty seříděné do skupin znázorňuje diagram 5, i zde jsou hodnoty rozděleny do tříd:

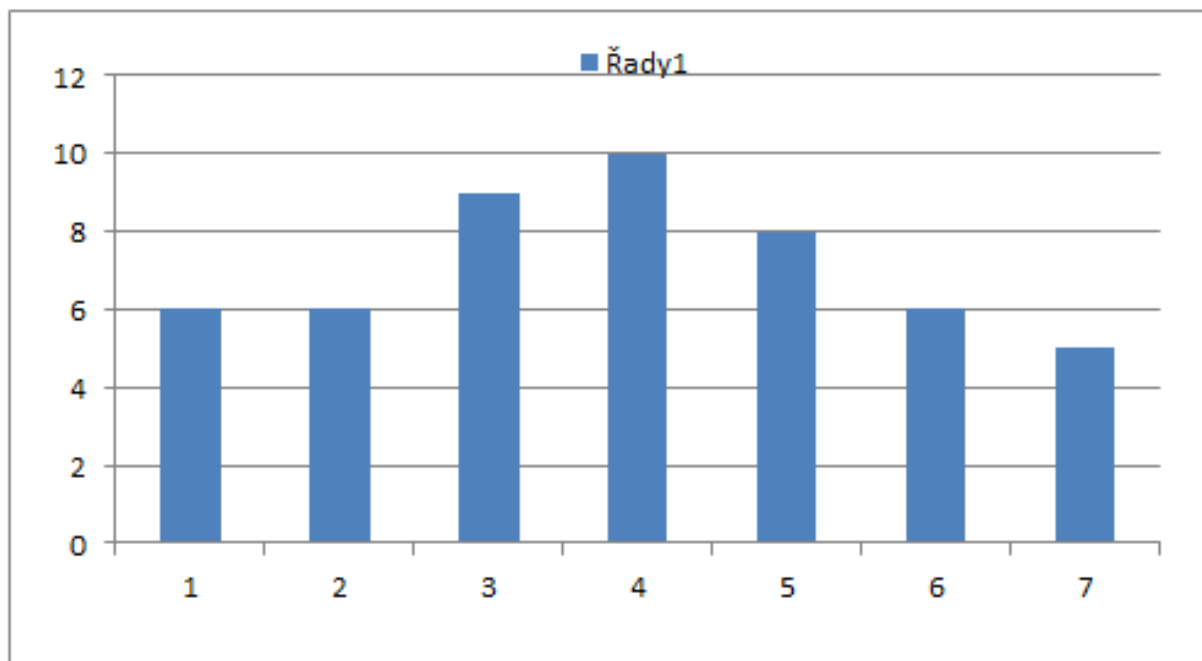


Diagram 5

5.4.3. Výpočet strannosti

Výpočet strannosti je znázorněn ve výpočtu 1.

\bar{x}_m ... střední hodnota

s_w ... směrodatná odchylka

C_g ... potenciál způsobilosti

C_{gu} ... způsobilost měřidla ve vztahu k horní toleranci

C_{gl} ... způsobilost měřidla ve vztahu k dolní toleranci

C_{gk} ... celková způsobilost měřidla – strannost

$$\bar{x}_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_{mi} = \underline{72,021} \quad s_w = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_{mi} - \bar{x}_m)^2} = \underline{0,0018} \quad C_g = \frac{0,2 \cdot T}{6s_w} = \underline{3,64761}$$

ϵ_s ... konvenčně pravá hodnota normálu = 72,02

$$C_{gu} = \frac{0,15(TH - \bar{x}_m)}{3s_w} = \underline{2,163}$$

$$C_{gl} = \frac{0,15(\bar{x}_m - TD)}{3s_w} = \underline{3,308}$$

$$C_{gk} = \min(C_{gu}, C_{gl}) = \boxed{\underline{2,16}}$$

Výpočet 1

5.4.4. Vyhodnocení

Požadavek na minimální hodnotu C_{gk} je 1,33; měřidlo tedy z pohledu strannosti vyhovuje a je možno jej použít pro další analýzy, popřípadě bez obav pro měření v procesu, jak se ukázalo.

5.4.5. Provedení analýzy R&R dle SKF, metodika, výpočet

Analýza R&R je studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Někdy se nazývá analýza MSA. MSA znamená Measurement Systems Analysis, do češtiny se dá přeložit jako Analýza měřicího systému. Metodika je použita z brožury MSA vydáno společností AIAG, původně pro automobilový průmysl v zemích Ameriky, později byla tato metoda převzata i v Evropě. Tato studie se zaměřuje na prověření, zda použité, nebo dosud jen navržené měřidlo vyhovuje podmínkám použití pro ten daný rozměr na tom daném díle a za podmínek použití podobných sériovým podmínkám. I pro tuto analýzu je třeba dodržet stanovený postup.

Při této studii se má odebrat 10 ks vzorků pokud možno z celého rozsahu tolerance nebo i mimo, očíslovat je pokud možno tak, aby nebyla značení na první pohled vidět a v různém pořadí změřit každý kus třikrát třemi operátory, opět tím stejným měřidlem. Díly se mají odebrat ze střední části výrobního procesu, pokud možno z celého rozpětí tolerance, některé mohou být i mimo toleranci. Jednotliví operátoři by neměli znát naměřené hodnoty svých kolegů. O změření byli požádáni dva technici kvality z výroby z našeho závodu a jeden kolega z oddělení metrologie z Německa, který byl právě přítomen. Tato měření mají za cíl zjištění všech variabilit.

Variabilita vzniklá v závislosti na počtu pokusů - měření je značeno EV.

Variabilita vzniklá na základě počtu operátorů se značí AV.

Variabilita vzniklá na základě počtu měřených kusů se značí PV.

Byly získány hodnoty od tří operátorů na deseti kusech a každý kus byl změřen třikrát, celkem tedy bylo 90 hodnot.

R&R Studie		Číslo dílu			Všechna tělesa rozdělovačů					Rozměr			
		Měřidlo:			Dig. Úchylkoměr		Číslo měřidla:		076-019		Datum:		72,0 +/-0,1
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x
Operator1	O. Hicl	1	72,029	72,051	72,039	71,919	71,922	72,089	71,990	72,060	71,962	72,090	72,015
		2	72,030	72,050	72,040	71,919	71,919	72,090	71,990	72,061	71,960	72,091	72,015
		3	72,030	72,052	72,040	71,920	71,921	72,090	71,989	72,060	71,962	72,090	72,015
		X ₁₂₃	72,030	72,051	72,040	71,919	71,921	72,090	71,990	72,060	71,961	72,090	72,015
	R ₁₂₃	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Operator 2	M. Dudas	1	72,032	72,052	72,040	71,921	71,920	72,091	71,992	72,062	71,963	72,091	72,016
		2	72,030	72,052	72,041	71,920	71,920	72,090	71,992	72,060	71,963	72,090	72,016
		3	72,032	72,053	72,041	71,921	71,921	72,092	71,991	72,062	71,964	72,090	72,017
		X ₁₂₃	72,031	72,052	72,041	71,921	71,920	72,091	71,992	72,061	71,963	72,090	72,016
	R ₁₂₃	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Operator 3	T. Siegel	1	72,031	72,053	72,042	71,922	71,922	72,093	71,993	72,062	71,964	72,093	72,018
		2	72,030	72,054	72,043	71,920	71,924	72,090	71,993	72,063	71,964	72,090	72,017
		3	72,032	72,053	72,042	71,922	71,923	72,092	71,992	72,063	71,963	72,092	72,017
		X ₁₂₃	72,031	72,053	72,042	71,921	71,923	72,092	71,993	72,063	71,964	72,092	72,017
	R ₁₂₃	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,002
	Průměr pro díl	72,031	72,052	72,041	71,920	71,921	72,091	71,991	72,061	71,963	72,091		
	R _p =	0,170	$\bar{R} =$	0,001	$\bar{X} =$	72,016	X _{diff} =	0,0022	UCL _R =	0,004	(Mez pro jednotlivá měření)		
	M ... No. of repeate	3					D ₄ pro 2 měření=	3,270					
	N ... No. of pcs.	10					D ₄ pro 3 měření=	2,580					
	D ... No. of operatos	3											
	DT=	71,9		T=	0,200								
	HT=	72,1											

Tabulka 5

Hodnoty zaznamenané do tabulky 5 jsou následně vyhodnoceny ve výpočtu 2.

$$EV = \bar{R}/k_1 = \underline{0,0025}$$

$$\% EV = \frac{EV}{TV} \cdot 100 = \underline{7,4\%}$$

$$PV = R_p \cdot k_3 = \underline{0,05}$$

$$TV = \frac{T}{6} = \frac{0,2}{6} = \underline{0,0333}$$

$$R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2} = \underline{0,0027}$$

$$\% R\&R = \frac{R\&R}{TV} \cdot 100 = \boxed{8,1\%}$$

$$AV = \sqrt{(\bar{x}_{DIFF} \cdot k_2)^2 - \frac{EV^2}{(M,N)}} = \underline{0,00104}$$

$$\% AV = \frac{AV}{TV} \cdot 100 = \underline{3,1\%}$$

Koefficienty			
Počet	Pokusů K_1	Operátorů K_2	Kusů K_3
2	0,8862	0,7071	0,7071
3	0,5908	0,5231	0,5231
4			0,4467
5			0,4030
6			0,3742
7			0,3534
8			0,3375
9			0,3249
10			0,3146

$\%R\&R < 10$ měřidlo vyhovuje ?

ANO

$10\% < \%R\&R < 30$ měřidlo částečně použitelné?

$\%R\&R > 30$ měřidlo nevyhovuje?

Studii provedl:

O. Hicl

Schválil:

D. Blechová

Datum schválení:

30.10.2015

Výpočet 2

5.4.6. Vyhodnocení

Požadavek na vyhovující měřidlo je $\leq 10\%$ z tolerance, pokud by byla mezi 10% a 30% je možno měřidlo použít pouze podmíněně a dočasně. Pokud by byl výsledek $\geq 30\%$ z tolerance, je měřidlo nevyhovující. Cílem je s ohledem na náročnost dosáhnout co nejmenší variability při měření. Odráží se v celkové variabilitě měření a k variabilitě procesu se přičítá, viz obrázek 10.

$$\sigma_{\text{Celkový}}^2 = \sigma_{\text{Procesu}}^2 + \sigma_{\text{Měření}}^2$$

Obrázek 10

Náš výsledek byl 8,1%, měřidlo i metoda tedy vyhovují.

5.5. Stanovení a výpočet počáteční způsobilosti stroje

Provedení počáteční způsobilosti stroje je nezbytným předpokladem pro převzetí stroje při uvedení do provozu. I při této aktivitě je nutno dodržovat pravidla pro odebírání vzorků, záznam hodnot, jejich vyhodnocování a zpracování výsledků. Neméně důležitá je interpretace výsledků. Podmínkou pro provedení počáteční způsobilosti stroje je vyhovující analýza měření, která byla úspěšně provedena.

5.5.1. Metodika, výpočet

Pro provedení počáteční způsobilosti stroje se odebere 50 – 200 vzorků, po sobě následujících, očíslovají se pro další analýzy. Během studie se proces neseřizuje, není pozastavován ani jinak upravován.

Díly se odebírají ze střední části procesu, po sobě jdoucí, číslují se pořadovými čísly a ukládají se i pro případ dalších dodatečných analýz.

Další postup při provádění analýzy počáteční způsobilosti procesu znázorňuje vývojový diagram 6.

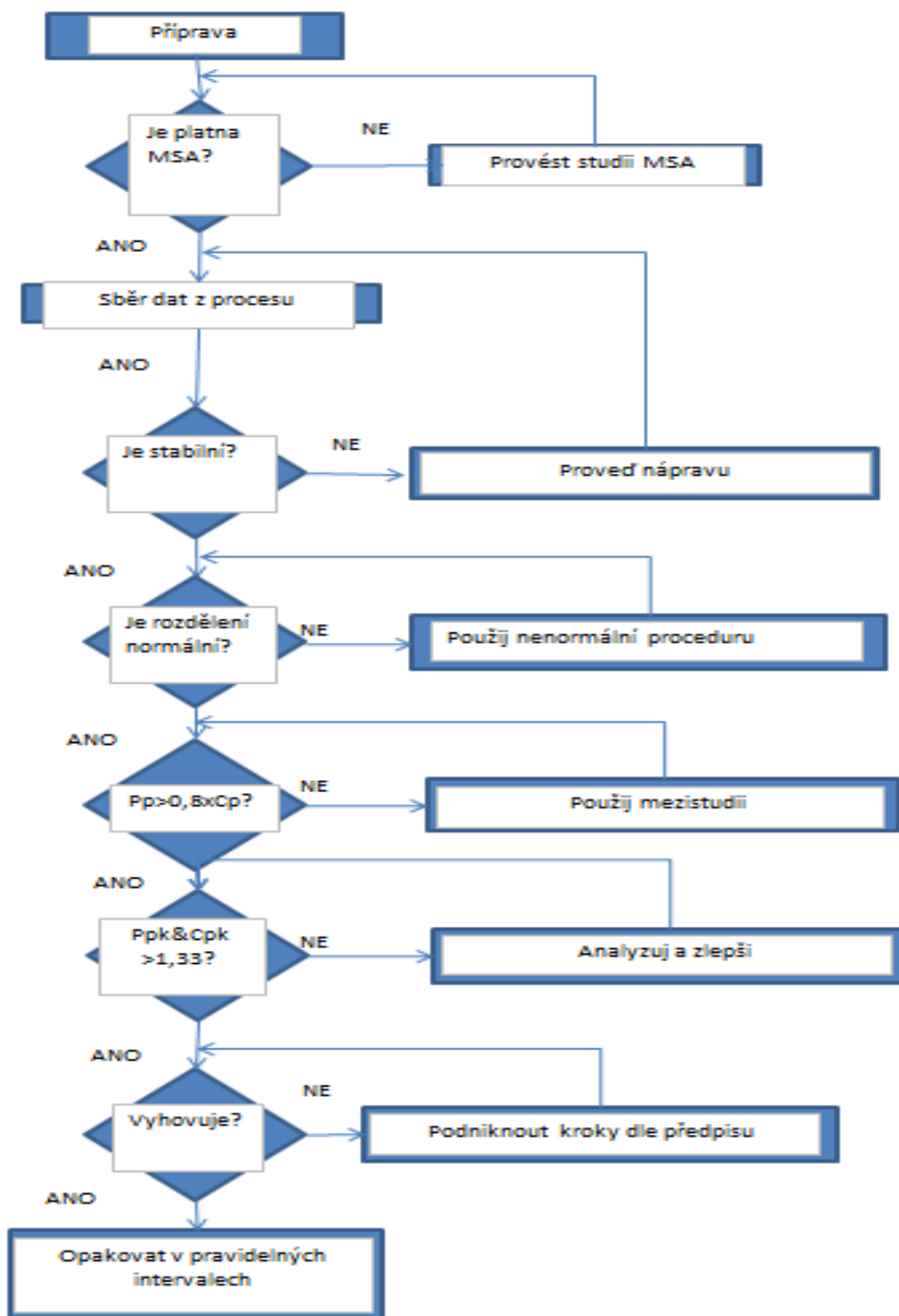


Diagram 6

5.5.2. Sběr dat z procesu

Ze střední části procesu bylo odebráno 200 kusů po sobě jdoucích. Díly byly změřeny a hodnoty zaznamenány do tabulky 6.

	1 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	101 - 120
x1	72,000	71,960	71,990	71,990	71,990	71,990
x2	71,970	72,000	71,970	71,960	72,010	71,970
x3	71,980	72,020	71,960	71,970	71,990	71,980
x4	71,970	71,990	71,970	72,000	72,010	72,000
x5	71,970	71,990	71,980	72,000	71,970	72,000
x6	71,990	71,990	71,990	71,990	71,980	71,970
x7	71,970	71,960	71,980	71,970	72,000	71,990
x8	72,010	72,000	71,960	72,000	71,990	71,990
x9	71,990	71,990	72,010	72,030	71,990	71,970
x10	71,990	72,010	71,990	72,010	71,990	71,990
x11	71,970	72,000	71,970	71,990	71,940	71,970
x12	71,990	71,970	71,960	71,990	71,980	72,010
x13	71,970	71,990	71,960	71,990	71,990	71,970
x14	71,970	72,010	71,990	71,960	71,990	71,970
x15	71,980	71,990	71,980	72,020	71,990	71,990
x16	71,990	71,960	71,990	71,980	71,970	71,970
x17	72,010	71,960	71,960	71,990	71,99	71,990
x18	72,000	72,010	72,010	71,990	71,990	71,980
x19	71,960	71,990	71,960	72,010	71,970	72,000
x20	72,000	71,960	71,970	71,960	72,000	71,960

Tabulka 6

Hodnoty jsou znázorněny i v diagramu 7. Zde je vidět i průběh rozdělení hodnot do skupin.

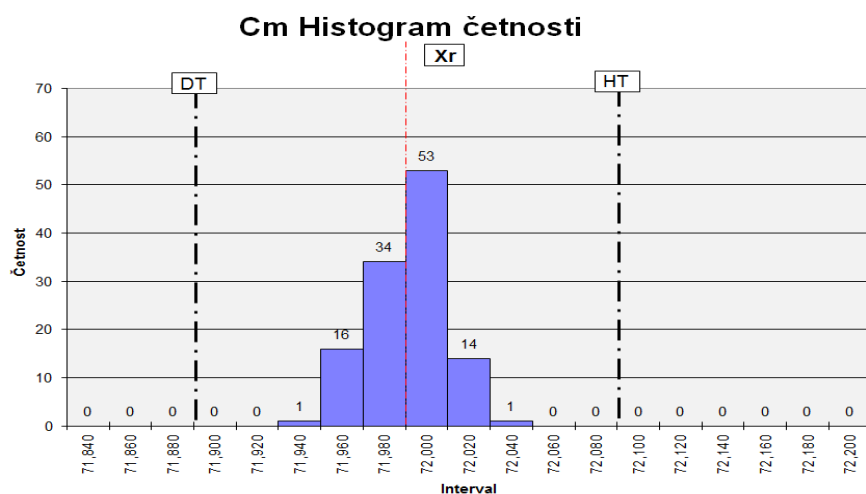


Diagram 7

Katedra technologie obrábění

Drahomíra Blechová

Následně jsou vypočítány hodnoty C_m , C_{mk} . Celkové vyhodnocení způsobilosti též vyhovělo.

Tabulka výpočtů

Počet hodnot	n	=	119	
Tolerance:	T	=	0,20	
Standartní odchylka:	S_w	=	0,017	
Střed tolerance:	X_r	=	72,00	
Střední hodnota:	X_a	=	71,985	
Minimální naměřená hodnota:	X_{min}	=	71,94	
Maximální naměřená hodnota:	X_{max}	=	72,03	
Rozpětí:	R	=	0,09	
Způsobilost zařízení $>1,66$:	C_m	=	1,98	Vyhovuje: ANO
Využitá způsobilost	C_{mK1}	=	2,28	Vyhovuje: ANO
Využitá způsobilost -pod $> 1,66$:	C_{mK2}	=	1,68	Vyhovuje: ANO

Celkové vyhodnocení způsobilosti:

VYHOVUJE

Výpočet 3

5.5.3. Stabilita procesu:

Tabulka 7 znázorňuje zpracované naměřené hodnoty do skupin a jejich průměrné hodnoty, směrodatné odchylky a rozpětí.

	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35	36 - 40	41 - 45	46 - 50	51 - 55	56 - 60
	61 - 65	66 - 70	71 - 75	76 - 80	81 - 85	86 - 90	91 - 95	96 - 100	101 - 105	106 - 110	111 - 115	116 - 120
$\bar{X}_{1..60}$	71,978	71,990	71,976	71,990	71,992	71,990	71,992	71,978	71,974	71,986	71,97	71,98
$\bar{X}_{.61..120}$	71,98	72,00	71,98	71,99	71,99	71,99	71,98	71,98	71,99	71,98	71,98	71,98
$S_{.1..60}$	0,0182	0,0224	0,0150	0,0229	0,0167	0,0071	0,0217	0,0134	0,0130	0,0110	0,0179	0,016
$S_{.61..120}$	0,013	0,014	0,009	0,018	0,022	0,019	0,015	0,021	0,011	0,018	0,013	0,022

$\bar{X}_{max} =$	71,992
$\bar{X}_{min} =$	71,974

$R =$	0,018
$S_{max} =$	0,022

$\bar{S} =$	0,016
$\bar{\bar{X}} =$	71,985

Tabulka 7

5.5.4. Výpočet regulačních mezí neboli mezí zásahu:

Regulační meze jsou důležité pro vytvoření regulačního diagramu. Někdy se také nazývají Horní a Spodní mez zásahu, viz výpočet 4. Standartní odchylka je vypočtena ve výpočtu 5.

Vyhodnocení*Horní mez zásahu (pro \bar{X})*

$$HMZ = \bar{\bar{X}} + 1,3 \cdot \bar{S} > \bar{X}_{max} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$HMZ = 72,01 > 71,992 \quad \text{ANO}$$

Spodní mez zásahu

$$SMZ = \bar{\bar{X}} - 1,3 \cdot \bar{S} < \bar{X}_{min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$SMZ = 71,964 < 71,974 \quad \text{ANO}$$

Horní mez zásahu (pro S)

$$HMZ = 2,1 \cdot \bar{S} > S_{max} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$HMZ = 0,034 > 0,022 \quad \text{ANO}$$

Způsobilost procesu vyhovuje

ANO

Výpočet 4**Standartní odchylka procesu σ**

$$\sigma = \bar{s} / a_n \quad a_n \text{ (pro 5 ks) } = 0,940$$

$$\sigma = 0,017$$

Výpočet 5**5.5.5. Výpočet C_p , C_{pk}**

Celkový výpočet způsobilosti procesu C_{pk} je vztažen k oběma tolerancím a vždy se použije menší hodnota ze dvou výsledků C_{p1} a C_{p2} , výpočet 6.

Způsobilost procesu CpK

$$\text{CpK 1} = (\text{HMH} - \text{X}) / 3 / \sigma$$

TH ..Horní tolerance
TH= 72,100

$$\text{Cp1} = 2,26$$

$$\text{CpK 2} = (\text{X} - \text{DMH}) / 3 / \sigma$$

TD .. Dolní tolerance
TD= 71,900

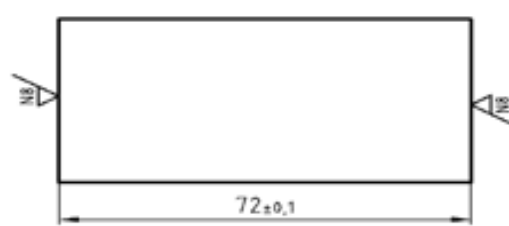
$$\text{Cp2} = 1,66$$

Vyhovuje!

Výpočet 6

5.5.6. Vytvoření formuláře regulační karty

Tato regulační karta obr. 11, někdy též nazývána regulační diagram byla navržena jako formulář pro vyplňování a užívání. Data z ní budou použita pro další provádění dlouhodobé studie způsobilosti. Dosahuje se jí pravidelným vyhodnocováním, vždy po kompletním vyplnění. Je v ní připraveno celkem 30 políček, tedy na 30 měření. V horní části je doplněno Logo firmy, v dolní části jsou doplněny atributy řízeného dokumentu. Pro proškolení techniků a následně i operátorů na její vyplňování byla vytvořena návodka. Ta je též uložena v řízené dokumentaci.

		Regulační karta												Název výrobku																
														Rozdělovač VPG																
Pořadí	Postup	Měřicí prostředky		Počet kusů	Interval																									
1	Díly odbrat dle metodiky SPC	Digitální úchytkoměr		5 ks	4 hodiny																									
2	Změřit podle náčrtku																													
3	Zaznamenat hodnoty																													
Náčrtek: 72\pm0,1 		Číslo výkresu:																												
		Index :																												
		KS	M	72,00	CpK	1,33																								
		Dolní tolerance	DT	71,90	Horní tolerance	HT	72,10																							
Hodnoty označit křížky																														
Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Datum																														
Čas																														
X Diagram naměřených hodnot	72,180																													
	72,160																													
	72,140																													
	72,120																													
	72,100																													
	72,080																													
	72,060																													
	72,040																													
	72,020																													
	72,000																													
	71,980																													
	71,960																													
	71,940																													
	71,920																													
	71,900																													
	71,880																													
	71,860																													
71,840																														
71,820																														
71,800																														
Rozdíly (max - min) označit křížky																														
R Diagram rozpětí	11																													
	10																													
	9																													
	8																													
	7																													
	6																													
	5																													
	4																													
	3																													
	2																													
	1																													
Podpis / Os. Razítko																														
Vystavil:	D. Blechova	Datum:	18.3.2016	Uvolnil:		Datum:	18.3.2016																							

Obrázek 11

5.5.7. Vytvoření návodky pro operátory ve výrobě

Pro dodržování správných postupů při vyplňování regulačních karet byla vytvořena návodka. Návodka na vyplňování a správu regulačních karet je vypracována ve formátu PowerPoint, proto byla umístěna do přílohy. Každý takový dokument projde předepsaným připomínkovacím a schvalovacím řízením, je pak opatřen atributy řízeného dokumentu, uložen do firemní dokumentace tříděné podle druhů dokumentů. Platný originál je k dispozici pouze ve formě dat a každý výtisk je při tisku opatřen textem: „Výtisk tohoto dokumentu je neřízený“.

5.5.8. Následné kroky

Pro dobré fungování nových nastavených standardů je nutné proškolení odpovědných techniků a následně operátorů. Vždy je třeba se ptát, zda problému všichni rozumí a ověřit si funkčnost systému v praxi pravidelnými kontrolami při pochůzkách výrobou. Zejména u neznámých kroků je nutno ověření, zda všichni operátoři rozumí a chápou důležitost situace. Umístění regulační karty na pracoviště je situováno tak, aby karta byla v dosahu dělníků, nejlépe ve výši očí, tak, aby byla vždy po ruce. Pravidelná kontrola a sbírání vyplněných karet je v kompetenci techniků kvality.

5.5.9. Dlouhodobá způsobilost procesu

Na základě získaných hodnot pak bude potřeba vypracovat dlouhodobou způsobilost procesu. Během získávání záznamů z výroby je nutné sledovat signály ukazující na proces mimo regulaci. Těchto 6 signálů je platných pro regulační diagramy X-R, tedy i pro naše Regulační karty. Kritéria jsou znázorněna na obr. 8.

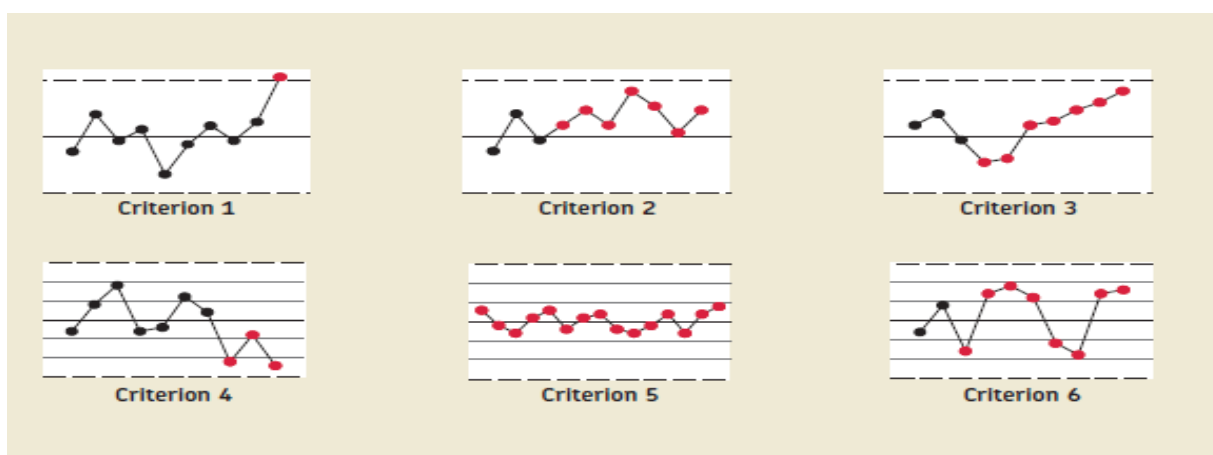


Diagram 8

5.5.10. Popis kritérií a signálů

1. Jedna hodnota mimo tolerance
2. Sedm po sobě jdoucích hodnot nad nebo pod středem tolerance
3. Sedm po sobě jdoucích hodnot stoupajících nebo klesajících
4. Dvě ze tří po sobě jdoucí hodnoty mimo regulační meze
5. Hodnoty objímají střed tolerance, 15 po sobě jdoucích hodnot je uvnitř 1 sigma hranice
6. Bimodální rozdělení, to značí, že 8 po sobě jdoucích hodnot leží mimo hranice 1 sigma, bez ohledu na které straně od středu tolerance leží

Každý takový signál je třeba sledovat a v případě, že nastane, je nutno stroj zastavit, seřídit, provést nové měření a pak je teprve možno pokračovat v procesu.

6. Zhodnocení, závěr

SPC je nástrojem pro dosažení stability, tj. předvídatelnosti procesů. Neexistuje jiný nástroj, s jehož pomocí by se dokázala stabilita procesu analyzovat ani udržet. Tento projekt nás naučil lépe porozumět proměnlivosti výrobních procesů a jejím příčinám. Na základě znalosti technologie výroby a způsobu měření bylo pochopeno jak navrhnout vhodný regulační diagram. Předtím bylo potřeba určit, jak způsobilé měřidlo je používáno. Celý tým ochotně spolupracoval na tomto zajímavém projektu, aby toto všechno zjistil. Nemalou odměnou za to je nám důležitá informace, ke které jsme celou dobu špli.

Bylo prokázáno, že měření, které je prováděno, bylo shledáno jako způsobilé dle analýzy MSA a že náš proces řezání na nově zavedené pile se též ukázal jako způsobilý dle SPC. Stejným způsobem a se stejným nasazením bude ještě dále pokračováno a procesy budou rozvíjeny dále tímto směrem. Další náročné kroky nás čekají. Musí být nastaveno dlouhodobé sledování a vyhodnocování způsobilosti tohoto procesu. K tomu bude využíván návod pro operátory. Budou také analyzovány další procesy a hledán potenciál ke zlepšování tam, kde statistika ještě může být využita

Existuje i množství software pro zpracování těchto analýz způsobilosti měření i způsobilosti procesu, které pro tyto analýzy může být použito. Pokud bude schválen vedením firmy jejich nákup a implementace, bude to velmi dobrý nástroj a pomocník.

Použitá literatura

- [1] Deming, W. Edwards (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press. [ISBN 0-911379-01-0](#), [OCLC 13126265](#)
- [2] SKF Group 2009. *Process capability study Quality techniques* [PUB GQ/P9* 10347 EN December 2009](#)
- [3] Výuková skripta pro kurz Manažer kvality Česká společnost pro jakost 2001, vydání 1.
- [4] https://cs.wikipedia.org/wiki/Normální_rozdělení

PŘÍLOHA č. 1

Formulář Regulační karta

Regulační karta

Název výrobku

Rozdělovač VPX

Pořadí	Postup	Měřicí prostředky	Počet kusů	Interval
1	Díly odbrat dle metodiky SPC	Digitální úchylkoměr	5 ks	4 hodiny
2	Změřit podle náčrtku			
3	Zaznamenat hodnoty			

Náčrtek

$72 \pm 0,1$

$72 \pm 0,1$

Číslo výkresu:

Index :

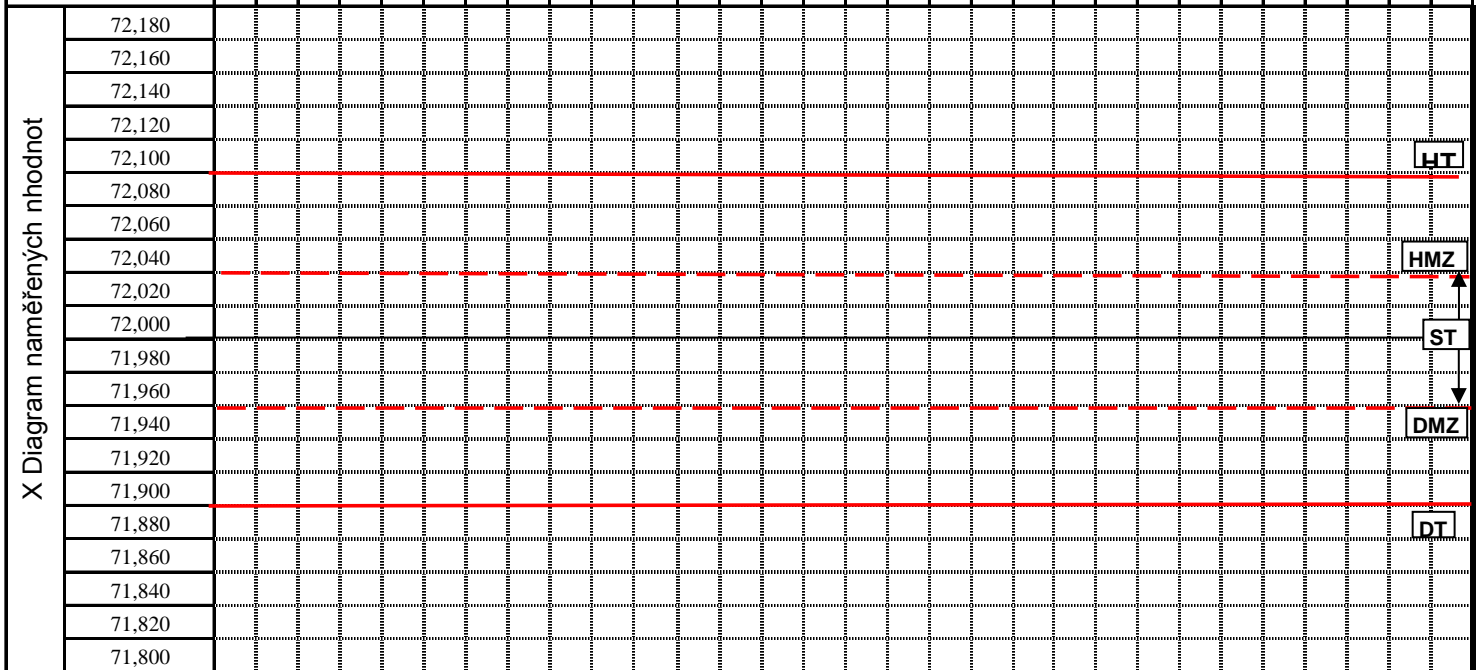
KS	M_c	72,00	CpK	1,33
Dolní tolerance	DT	71,90	Horní tolerance	HT
		72,10		

Hodnoty označit křížky

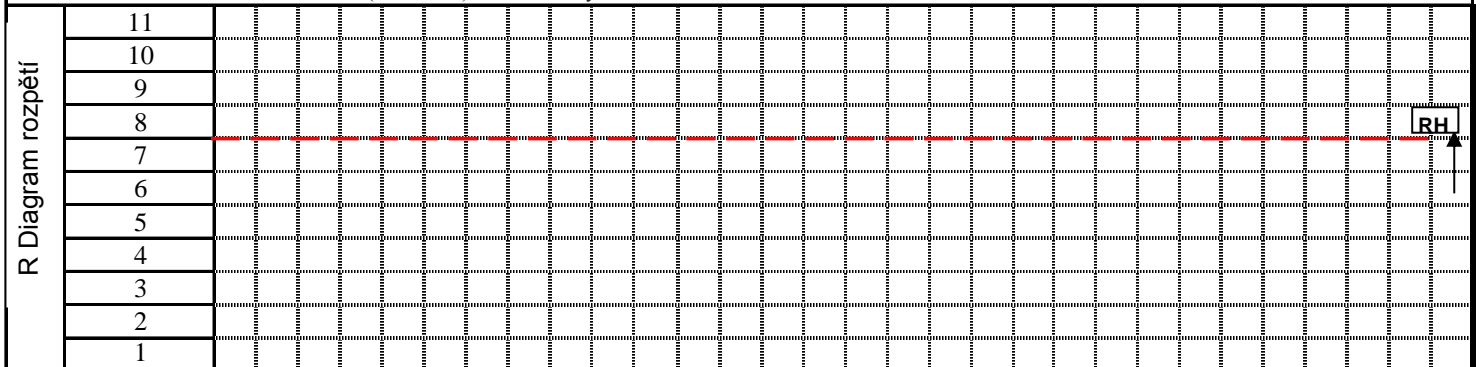
Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Datum																														
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Čas																														
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Rozdíl (max - min) označit křížky



Podpis / Os. Razítko																																			
Vystavil:	D. Blechova	Datum:	18.3.2016	Uvolnil:		Datum:	18.3.2016																												

PŘÍLOHA č. 2

Návodka na správu regulačních karet



Zápis do regulačních diagramů

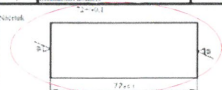
Presented to name/s: D. Blechová
 Presented by name of presenter: Tým interních auditorů
 05. May, 2016

Správa a vyplňování regulačních karet

Předchozím krokem před vytvořením formuláře Regulační karty (Regulačního diagramu) je provedení studie způsobilosti procesu Cp, CpK. Výstupem této studie je údaj o způsobilosti procesu a též formulář regulační karty.

V horní části formuláře jsou informace o

1. názvu a čísle produktu,
2. náčrtek s regulovaným rozměrem,
3. hodnoty tolerancí (DT a HT) a regulačních mezí (DRM a HRM)

SKF		Regulační karta		Název výrobku	
				Kód výrobku / VPP	
Porad.	Popis	Měrná jednotka	Počet kusů	Měřítko	
1	Číslo výrobku: 123456789		5 ks	4 hodiny	
2	Název výrobku: Digitální síň Blesk				
3	Regulovaný rozměr: 72 ± 0,1				
Náčrtek		Číslo výkresu			
		Index			
		KS	72,00	CpK	1,33
		DRM tolerance	71,90	HRM tolerance	72,10

Odběr dílů a záznam hodnot

Díly k měření odebíráme v předepsaném počtu a intervalech, vždy po sobě jdoucí z jednoho procesu a zakládání. Má-li zakládání více pozic, odebereme z posledního zakládání vždy jeden kus, a to 5x po sobě.

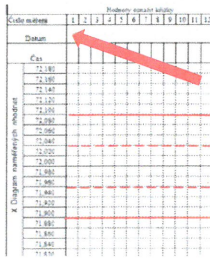
Perioda	Popis	Měření prostředků	Počet kusů	Interval
1	Díly odebírá dle metodiky SPC	Digitální tachyloметр	5 ks	4 hodiny
2	Značí podle měřičů			
3	Zaznamenává hodnoty			

© SKF Group 2016



Odběr dílů a záznam hodnot

Jako první zaznamenáme datum a čas měření

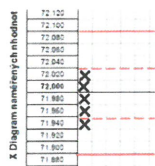


© SKF Group 2016



Odběr dílů a záznam hodnot

V prostřední části formuláře je diagram hodnot X. Pro každou skupinu odebraných vzorků je určen jeden sloupec v grafu. Hodnoty se zaznamenají křížky do grafu. Číselná hodnota patří vždy k dolní čáře. Takže například naměřené hodnoty: 71,99; 71,95; 72,010; 71,97; 72,22 budou zaznamenány takto.

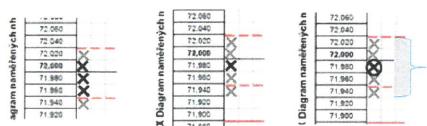


© SKF Group 2016



Odběr dílů a záznam hodnot

1. Z naměřených hodnot se označí střední hodnota – tzv. Medián. Postupujeme takto: Odmyslíme si maximum a minimum – zbydou tři hodnoty.
2. Z nich opět odmyslíme maximum a minimum a zůstane střední hodnota, neboli Medián.
3. Ten označíme kroužkem.



Odběr dílů a záznam hodnot

1. Nakonec spočítáme počet řádků od minima do maxima hodnot a počet zaznamenáme do dolního grafu, je to graf rozpětí. V tomto případě je toto číslo 5.
2. Hodnotu rozpětí zaznamenáme do řádku číslo 5.



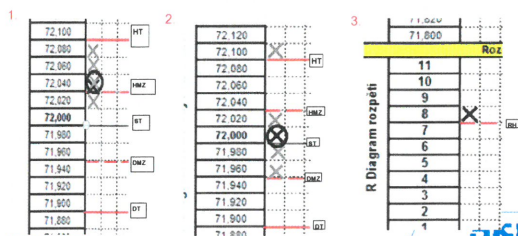
3. Nakonec doplníme podpis/parafu/razítko.



Musíme zasáhnout vždy,

1. Když se medián ocitne mimo regulační meze (meze zásahu)
2. Když se jednotlivá hodnota ocitne mimo toleranci
3. Když se hodnota rozpětí ocitne mimo mez rozpětí.

Všechny tyto meze jsou označeny tlustou čarou.



Pak musíme

-  1. Zastavit výrobu!
-  2. Stroj nebo proces seřídít!
-  3. Vyrobit další sadu/y dílů a znovu změřit!
-  4. Teprve pak je možno pokračovat


© SKF Group 2016 11 2016/05/16



Další vyhodnocení procesu po vyplnění regulační karty

Karty se sbírají a archivují
Vyhodnotí se podle výskytu naměřených hodnot
Tím se zjišťuje dlouhodobá způsobilost stroje, opotřebení nástrojů a ostatní vlivy.
Proto se musí dbát na správné a zodpovědné vyplňování karet a dodržování pravidel.

© SKF Group 2016 11 2016/05/16



Děkuji za pozornost

© SKF Group 2016 11 2016/05/16

