

Implementace metod a nástrojů SPC ve výrobním podniku

Jiří Janulík

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří Janulík
Osobní číslo: M16347
Studijní program: B6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Řízení výroby a kvality
Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Implementace metod a nástrojů SPC ve výrobním podniku

Zásady pro vypracování:

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Provedte literární rešerši dané problematiky.

II. Praktická část

- Popište jednotlivé výrobní procesy ve výrobní společnosti.
- Navrhněte měřicí mechanismy pro úzká místa procesu.
- Analyzujte konkrétní proces a demonstруйте zavedení vybraných metod SPC.
- Navrhněte metody ke zlepšení dalších výrobních procesů.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to statistical quality control. 6th ed. Hoboken, N.J.: Wiley, 2009, 734 s. ISBN 978-0-470-16992-6.

NENADÁL, Jaroslav. Management kvality pro 21. století. Praha: Management Press, 2018, 368 s. ISBN 978-807-2615-612.

TOŠENOVSKÝ, Josef. Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000, 368 s. ISBN 80-722-5040-X.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. et Ing. Martin Kovářík, Ph.D.**
Ústav statistiky a kvantitativních metod
Datum zadání bakalářské práce: **7. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2019**

Ve Zlíně dne 7. ledna 2019

L.S.

doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

Ing. Denisa Hrušecká, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce je implementace metod a nástrojů SPC ve výrobním podniku. Jsou zde aplikovány metody a nástroje statistické regulace procesu, které byly získány rešerší literatury ze zmiňované oblasti. Práce se zabývá zejména možnostmi samotného využití statistické regulace v podmínkách výrobní společnosti, která se věnuje primárně zakázkové a kusové produkci. Cílem praktické části je analýza současného stavu a demonstrace zavedení statistické regulace. Po vyhodnocení výsledků byl proces uznán jako statisticky zvládnutý a způsobilý. Bylo tedy navrženo praktického využití SPC v podmínkách společnosti a nastíněny další možnosti zlepšování procesů.

Klíčová slova:

Proces, statistická regulace procesu (SPC), variabilita, etapy statistické regulace, regulační diagramy, vývojový diagram, diagram příčin a následků, způsobilost procesu.

ABSTRACT

This bachelor thesis addresses the implementation of SPC methods and tools in manufacturing company. There are applied methods and tools of statistical process control, which were obtained by literature searches from the mentioned area above. The thesis deals mainly with the possibility of implementation of statistical regulation in the conditions of a manufacturing company, which is primarily engaged in customized production. The aim of the practical part is to analyze the current state and demonstrate the introduction of statistical process control. After evaluating the results, a statistically controlled and eligible process was detected. Therefore, it was proposed to apply SPC to the company's conditions, and other process improvement options have been suggested to be implemented.

Keywords:

Process, statistical process control (SPC), variability, stages of statistical regulation, control charts, flowchart, cause and effect diagram, process capability.

„Bez odvahy ke změně není zlepšení, a tak není ani blahobytu.“

Tomáš Baťa

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. et Ing. Martinu Kovaříkovi, Ph. D. za cenné rady, vstřícnost a doporučení.

Dále bych chtěl poděkovat také pracovníkům společnosti Bílek Filtry s. r. o. a Zbyňkovi za ochotu při poskytnutí konzultací.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 PROCES A JEHO STATISTICKÁ REGULACE.....	11
1.1 DEFINICE PROCESU	11
1.2 STATISTICKÁ REGULACE PROCESŮ (SPC).....	11
1.2.1 Procesní variabilita.....	12
1.2.2 Příčiny variability.....	12
1.3 REGULAČNÍ DIAGRAM	13
1.4 TYPY SHEWARTOVÝCH REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ.....	15
1.4.1 Regulační diagram měřením	15
1.4.2 Regulační diagram srovnáním.....	19
1.4.3 Jak zvolit odpovídající regulační diagram	19
1.4.4 Etapy statistické regulace	20
2 METODY A NÁSTROJE ŘÍZENÍ PROCESŮ V PODMÍNKÁCH STATISTICKÉ REGULACE PROCESU	22
2.1.1 Kontrolní seznam	22
2.1.2 Paretův diagram	22
2.1.3 Vývojový diagram.....	22
2.1.4 Diagram příčin a následku (Ishikawův diagram, diagram rybí kosti).....	23
2.1.5 Histogram	23
2.1.6 Vyhodnocení způsobilosti procesu pomocí indexů způsobilosti	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	26
3 ZÁKLADNÍ INFORMACE O SPOLEČNOSTI.....	27
3.1 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI.....	27
3.1.1 Hlavní obor činnosti:.....	27
3.1.2 Organizační struktura	27
3.1.3 Charakteristika potenciálních a klíčových zákazníků	28
3.2 VÝROBNÍ SORTIMENT	28
3.3 PŘEDSTAVENÍ PRINCIPU FUNKCE KŘEMELINOVÝCH FILTRŮ FKS.....	30
3.3.1 Princip křemelinové filtrace	30
3.4 ZAKÁZKOVÝ PROCES U FILTRU FKS.....	30
3.4.4 Výroba.....	31
3.4.5 Potřebná certifikace, zkoušky, pasporty a jiné.....	31
3.4.6 TÜV SÜD s. r. o.....	31
4 ANALÝZA A POPIS PROCESU VÝROBY FILTRAČNÍCH SVÍČEK PRO FILTRY FKS.....	33
4.1 PROCES VÝROBY FILTRAČNÍCH SVÍČEK	33
4.1.1 Nákup a úprava polotovaru	33
4.1.2 Kalibrace objímek	34
4.1.3 Navařování záslepek	34
4.1.4 Výroba koncovky svíčky.....	35

4.1.5	Navařování objímek se závitem	35
4.2	PROCES KONTROLY	35
4.2.1	Definice kontroly kvality výstupů z jednotlivých procesů výroby filtračních svíček	36
4.2.2	Diagram příčin a následků vybraného kritického procesu	37
4.2.3	Návrh monitorovacího aparátu v procesu výroby koncovek filtračních svíček.....	37
5	NÁVRH ZAVEDENÍ STATISTICKÉ REGULACE V PROCESU OBRÁBĚNÍ KONCOVEK FILTRAČNÍCH SVÍČEK	39
5.1	DEMONSTRACE ZAVEDENÍ METOD A NÁSTROJŮ SPC.....	39
5.1.1	Nákladová analýza procesu výroby svíček – důvody pro zavedení SPC.....	39
5.1.2	Identifikování cíle regulace	40
5.1.3	Proces výroby koncovek filtračních svíček a návrh kontrolních míst	40
5.2	VYHODNOCENÍ PROCESNÍCH DAT Z VYBRANÉHO PROCESU PŘETOČENÍ NA PRŮMĚR 39,7 MM.....	44
5.2.1	Ověření normality dat výběrového souboru.....	44
5.2.2	Analýza konstantnosti rozptylu pomocí Bartlettova testu	45
5.2.3	Ověření nezávislosti dat	46
5.2.4	Konstrukce regulačního diagramu pro výběrové rozpětí (R).....	46
5.2.5	Konstrukce regulačního diagramu pro výběrové průměry (x).....	47
5.2.6	Vyhodnocení způsobilosti procesu pro zavedení jeho statistické regulace	47
5.2.7	Vyhodnocení výsledků demonstrace zavedení SPC	48
6	NÁVRHY PRO ZLEPŠENÍ PROCESU	49
6.1	NÁVRH NA ZŘÍZENÍ STANICE PRO AUTOMATICKÝ SBĚR DAT	49
6.1.1	Měřicí stanice pro automatický sběr dat	49
6.1.2	Software pro zpracování dat procesních dat	50
6.2	VÝROBA SOUČÁSTEK V KOOPERACI	50
6.3	NÁKUP CNC OBRÁBĚCÍHO CENTRA.....	50
6.4	NÁVRHY K MOŽNOSTI RYCHLÉHO ZAVEDENÍ Z POHLEDU JEDNODUCHOSTI A EKONOMICKÝCH MOŽNOSTÍ.....	51
7	NÁVRH PRO DALŠÍ ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ VE SPOLEČNOSTI.....	52
7.1.1	Svařování.....	52
7.1.2	Technická příprava výroby a systém řízení kvality	53
	ZÁVĚR	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM TABULEK.....	61

ÚVOD

Dnešní doba je charakteristická svou rychlostí. Lidé neustále zrychlují svou spotřebu, dopravování, zpracovávání informací, učení se a rozhodování. Ve všech oblastech života musíme pružně reagovat, abychom uspokojili potřeby nejen své, ale také ostatních. V podmínkách firemní strategie tomu není jinak. Zákazníci chtějí mít své požadavky splněny nejlépe ihned a samozřejmě v požadované kvalitě. Tato skutečnost vytváří na všechny podnikatelské subjekty tlak. Musí produkovat své výrobky v co nejkratším výrobním intervalu a zároveň plnit ty nejnáročnější požadavky, které jsou na ně kladeny ze strany zákazníka. Od zaměstnanců je vyžadována vysoká odbornost a okamžité rozhodování. Abychom jim pomohli lépe se orientovat a rychleji reagovat, můžeme využít různé metody. Jednou z nich jsou statistické metody v podmínkách řízení kvality. Ty nám využitím různých nástrojů pomáhají velmi rychle analyzovat sledované veličiny a umožňují tak pružněji reagovat v případě, kdy se sledovaný proces jeví jako nestabilní. Dovolují tedy zasáhnout dříve, než dojde k samotnému problému, či případně produkci zmetků.

V tomto ohledu je vhodnou metodou statistická regulace procesu (SPC). Zpracovaná data můžeme jednoduše vyjádřit graficky a nahlédnout velmi efektivně na průběh procesu. Pomocí statistické regulace můžeme nejen korigovat a zlepšovat samotnou výrobu, ale v návaznosti na její použití také zvyšovat růst společnosti a snižovat náklady.

Teoretická část bakalářské práce bude zaměřena na problematiku statistické regulace procesu, její metody a nástroje. Ty budou posléze využity v praktické části pro demonstraci implementace SPC ve výrobě vybrané společnosti.

Proces bude ověřován pomocí regulačních diagramů a indexů způsobilosti sestavených z dat naměřených operátorem. Data budou vyhodnocována pomocí softwaru Minitab.

Na základě výsledků budou následně navržena konkrétní vylepšení a zhodnoceny příležitosti pro zavedení SPC v ostatních výrobních procesech podniku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

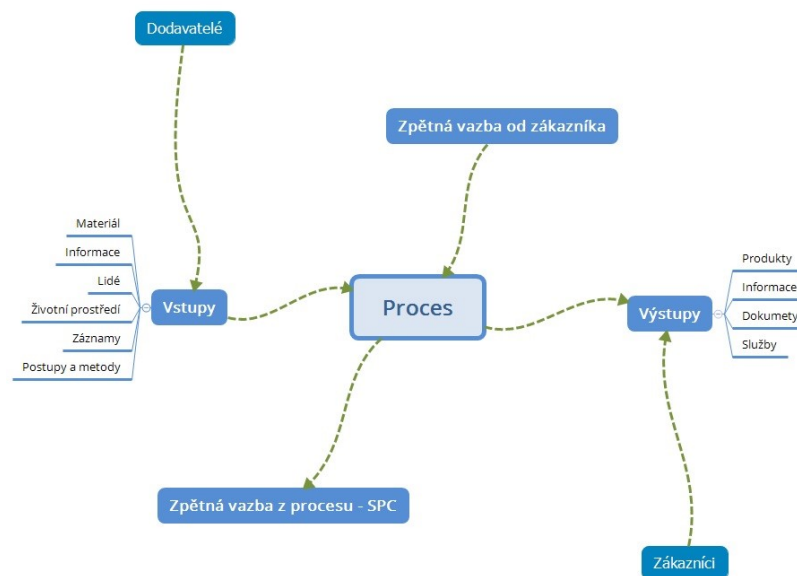
1 PROCES A JEHO STATISTICKÁ REGULACE

1.1 Definice procesu

Podle Svozilové je proces považován za sérii činností nebo úkolů, které spolu logicky souvisí a pomocí kterých má být dosaženo předem definovaných výsledků. [7]

Oakland definuje proces jako transformaci vstupů (materiál, činnosti, metod, operací) na výstupy ve formě výrobků, informací, služeb nebo výsledků. Každý proces by měl být analyzován zkoumáním jeho vstupů a výstupů. To určuje další činnosti, jak zlepšovat jeho kvalitu. [9]

Výstup procesu putuje k dalšímu zpracování nebo k dalšímu, ať už internímu nebo externímu, zákazníkovi. Požadavek zákazníka je důležitý pro definování, monitorování a kontrolu vstupů, které mají projít požadovanou transformací v požadovaný kvalitní výstup. Abychom mohli proces sledovat a zpracovávat (analyzovat) tedy i účinně regulovat, musíme jej co nejlépe identifikovat společně s jeho vstupy a výstupy. Některé procesy jsou identifikovatelné snadno (plnění konzerv), jiné naopak (proces prodeje). [9]



Obrázek 1 – Proces (vlastní zpracování dle [9, s. 6])

1.2 Statistická regulace procesů (SPC)

Statistická regulace procesu byla zavedena začátkem dvacátého století W. A. Shevartem, který praktické využití regulačních diagramů zahájil. Elementárním cílem metody je zabránit nadměrné (resp. nedostatečné) regulaci procesu, odhalení případného nečekávaného

chování procesu, dosažení statistické stability procesu, udržování procesu v požadované statistické stabilitě, předcházení neshodám, umožnění co nejrychleji zasáhnout při působení nenadálých příčin, tvorba podmínek pro hodnocení způsobilosti procesu a umožnění neustálého zlepšování. [1]

1.2.1 Procesní variabilita

Vnitřní vlastností procesu je jeho variabilita. Ta způsobuje nedostatečnou schopnost zopakovat stejný výsledek.

I když jsou podmínky, ve kterých proces probíhá, relativně stálé, mohou na něj a jeho výstupy působit řady různých vlivů, které nedovolují produkci dvou stejných výstupů. Takové vlivy se snažíme studovat. Snažíme se vytvářet podmínky pro to, aby se variabilita pohybovala v přirozených mezích, byla stálá a aby bylo možné, na základě jejích přirozených mezí, předpokládat chování procesu v budoucnosti. [1]

Snížení variability přináší:

- stejnoměrnější výrobu,
- menší pravděpodobnost výskytu neshodných produktů,
- menší rozsah kontroly a zkoušení, a tím i snížení nákladů na ně vynaložených,
- snížení poruch procesu, a tím i nižší produkování odpadu a jednotek vyžadujících přepracování (snížení nákladů),
- více spokojených zákazníků. [2]

1.2.2 Příčiny variability

Metodika SPC sleduje nestabilitu systému, která může vzniknout ze dvou základních druhů příčin, a to z náhodné (přirozené) a zvláštní (vymežitelné, identifikovatelné).

Náhodné příčiny

Jedná se o širokou škálu příčin, které jsou neidentifikovatelné a z nichž každá velmi málo ovlivňuje celkovou variabilitu. Pokud je variabilita procesu vyvolávána pouze náhodnými veličinami, je proces opakovatelný a kvalita výstupů je předvídatelná. Takový proces označíme za statisticky stabilní. Tzn., že jsou jeho parametry, typ rozdělení pravděpodobnosti parametrů a konkrétního znaku kvality známé a neměnicí se. Náhodné příčiny mohou být např.: vlhkost ovzduší, nestejnorodý materiál, kolísání teplot apod. [3]

Zvláštní příčiny

Jedná se o příčiny, jejichž zdroje na proces za běžných podmínek nepůsobí. Způsobují reálné změny procesu, které se projevují jako nepřirozené kolísání hodnot, pomocí kterých dokážeme variabilitu zachytit a hodnotit. Pokud takové příčiny ovlivňují daný proces, popisujeme jej jako nereprodukovatelný, s nepředvídatelnou kvalitou výstupu a současně statisticky nezvládnutý (nestabilní). Parametry a znaky kvality procesu, pomocí kterých vyhodnocujeme variabilitu, se v čase mění. [3]

Odstranění zvláštní příčiny vyžaduje obecně pouze lokální zásah osoby, která je za provádění činnosti uvnitř procesu zodpovědná.

Zvláštní příčiny můžeme dále členit na sporadické a přetrvávající.

Sporadické – vznikají náhle a proces ovlivní na krátký čas. Poté se ztrácejí, ale v budoucnu se mohou opět objevit. Takto způsobené změny v procesu mají větší dopad.

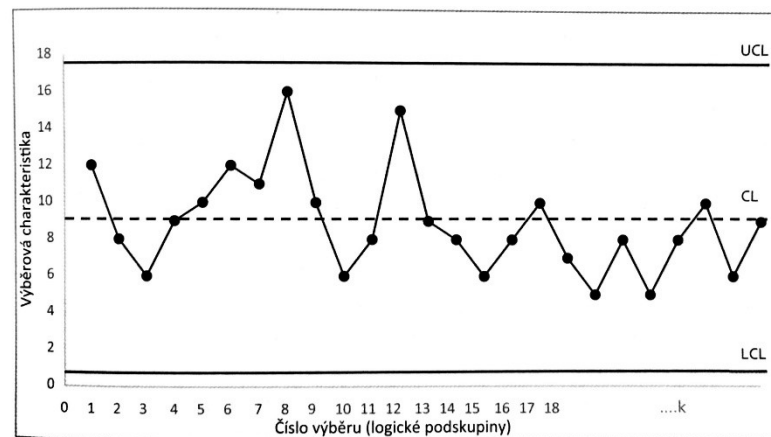
Přetrvávající – ovlivňují proces odchylkami po delší dobu.

Za zvláštní příčiny lze považovat např.: úroveň seřízení strojů, nástrojů, materiálovou změnu, obsluhu s nedostatečným zaškolením nebo poškozený nástroj. [3]

1.3 Regulační diagram

Regulační diagram je považován za základní nástroj SPC. Jeho úkolem je odlišit variabilitu, která je vyvolána zvláštními příčinami od té, která je vyvolána příčinami náhodnými. Standardně jej využíváme tam, kde lze sledovat znaky kvality v čase.[1]

Předpokladem pro samotnou tvorbu regulačního diagramu je nezávislost měřených veličin a normální rozdělení, které má parametry μ a σ . [3]



Obrázek 2 – Příklad regulačního diagramu [1, s. 131]

Regulační diagramy mohou sledovat například klíčové parametry a proměnné procesu. Lze je také využívat při udržování a řízení procesů ve chvíli, kdy potřebujeme identifikovat speciální a společné příčiny odchylek. Dále je můžeme použít pro zlepšení procesu ve chvíli, kdy sledujeme dopady navržených změn. [4]

Při zavádění diagramů je potřeba určit oblasti problémů (např.: vysoké náklady na reklamáce, stížnosti zákazníků apod.) a zvolit typy regulačních diagramů, které budeme používat. [5]

Regulační diagram zpracovává údaje, které byly zaznamenány ve výrobním procesu. Ty mohou být získávány buď v čase nebo v množství. [1]

Je složen z centrální linky CL (Central Line), horní regulační meze UCL (Upper Control Limit) a dolní regulační meze LCL (Lower Control Limit). Centrální linka je tvořena hodnotou požadovaného znaku kvality. Může být odhadována ve formě nominální nebo jako hodnota dle minulých zkušeností. Regulační meze UCL a LCL, někdy bývají souhrnně označovány jako akční a představují pásmo, ve kterém na proces působí pouze náhodné příčiny variability. Říkají nám, zda máme, či nemáme zasahovat do procesu. Pokud je proces statisticky zvládnutý, nachází se 99,7 % naměřených hodnot uvnitř regulačních mezí a osciluje kolem centrální přímky. Někdy bývají v procesu také zobrazovány horní a dolní výstražné meze. Ty mají na rozdíl od regulačních mezí užší oblast působení. [1, 4]

1.4 Typy Shewartových regulačních diagramů

Shewartovy regulační diagramy jsou považovány za základ SPC. Využívají se tam, kde je možné získat dostatečné množství výběrů (minimálně 20 – 25) a za předpokladu, že jsou vyráběné produkty jednoduché. Jsou proto navrženy tak, aby mohly sledovat pouze jeden znak kvality. Existují následující typy: [2]

1.4.1 Regulační diagram měřením

Regulační diagramy měřením lze jednoduše charakterizovat měřitelnými výstupy procesů. Jedná se o diagramy pro:

- průměr, rozpětí, směrodatnou odchylku,
- individuální hodnoty, klouzavé rozpětí,
- medián a rozpětí. [5]

Diagramy měřením předpokládají dostatečný počet naměřených hodnot, normální rozdělení, konstantní střední hodnotu a rozptyl, sledování jednoho znaku kvality a citlivost na větší změny procesu. Předpoklady testujeme pomocí grafů a testů statistických hypotéz. [5]

Regulační diagramy (\bar{x} , R)

Jedná se o nejpoužívanější regulační diagramy pro výběrový průměr (\bar{x}) a výběrové rozpětí (R). Použijeme je tam, kde máme menší počet opakování (zpravidla 2 – 10). Takové rozpětí výběru totiž nedostačuje pro přesný odhad variability (směrodatné odchylky). Pokud použijeme výběr minimálně o 4 jednotkách, můžeme jej použít i v podmínkách neodpovídajících normálnímu rozdělení. [2]

Regulační diagram pro výběrové průměry (\bar{x}) [12]

Testovým kritériem pro tento diagram je výběrový průměr (\bar{x}) z konstantního rozsahu n . Jeho hodnota se vypočítá dle:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad (2.4.1.1)$$

kde:

x_{ij} vyjadřuje hodnotu regulované veličiny v j -tém výběru.

Pokud zvolíme riziko zbytečného signálu $\alpha = 0,0027$ a neznáme skutečné hodnoty u_0 a σ_0 vypočítáme CL podle:

$$CL = \hat{\mu}_0 = \bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^n \hat{x}_j, \quad (2.4.1.2)$$

kde:

k – počet výběrů použitých u výpočtu CL (minimálně 20).

Horní a dolní regulační meze poté vypočítáme podle vztahů:

$$UCL = \bar{x} + \frac{u_{0,99865}}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}_0, \quad (2.4.1.3)$$

a

$$LCL = \bar{x} - \frac{u_{0,99865}}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}_0, \quad (2.4.1.4)$$

kde:

$u_{0,99865} = u_{1-0,0027/2}$ je 99,865% kvantil normovaného normálního rozdělení.

Regulační diagramy (\bar{x}, R) odhadují variabilitu procesu podle výběrového rozpětí \bar{R} . Pro stanovení odhadu směrodatné odchylky využijeme následující vztah:

$$\hat{\sigma}_0 = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (2.4.1.5)$$

kde:

\bar{R} – průměrné výběrové rozpětí ve výběrech,

d_2 – Harleyova konstanta závislá na rozsahu n , odvozená z předpokladu normálního rozdělení regulované veličiny.

Průměrné výběrové rozpětí vypočítáme podle:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k}$$

(2.4.1.6)

kde:

k – počet výběrů použitých k výpočtu \bar{R} (minimálně 20).

R_j – je výběrové rozpětí v j -tém výběru a vypočte se podle:

$$R_j = x_{max,j} - x_{min,j},$$

(2.4.1.7)

kde:

$x_{max,j}$ – největší naměřená hodnota v j -tém výběru,

$x_{min,j}$ – nejmenší naměřená hodnota v j -tém výběru.

Pro určení akčních regulačních mezí v diagramu (\bar{x}) tak dostáváme vztahy:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + \frac{3}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2},$$

(2.4.1.8)

$$LCL = \bar{\bar{x}} - \frac{3}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2},$$

(2.4.1.9)

Regulační diagram (R) [2]

V tomto diagramu je testovým kritériem výběrové rozpětí R_j . Pokud se $\alpha = 0,0027$ a neznáme skutečné hodnoty μ_0 a σ_0 , vypočítáme CL podle vztahu (2.4.1.6).

K odvození vztahu pro stanovení akčních regulačních mezí v regulačním diagramu (R) použijeme vztah pro odhad směrodatné odchylky výběrového rozpětí:

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (2.4.1.10)$$

kde:

d_3 – konstanta ke stanovení odhadu směrodatné odchylky výběrového rozpětí. Hodnota této odchylky závisí na rozsahu n a byla odvozená pro veličinu z normálního rozdělení.

Regulační meze se poté vypočítají podle:

$$UCL = CL + u_{0,99865} \cdot \hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 + \frac{3d_3}{d_2}\right) \cdot \bar{R}, \quad (2.4.1.11)$$

$$LCL = CL - u_{0,99865} \cdot \hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 - \frac{3d_3}{d_2}\right) \cdot \bar{R}, \quad (2.4.1.12)$$

Regulační diagramy (\bar{x} , s)

Tyto diagramy využíváme nejen pro malé výběry, ale i pro výběry z rozsahu $n > 10$. V praxi se dává přednost diagramům (\bar{x} , R) z důvodu jednoduššího výpočtu R . To však již dnes ztrácí logiku díky využití výpočetní techniky. Při volbě $\alpha = 0,0027$ a neznámých skutečných hodnotách u_0 a σ_0 vypočítáme CL , LCL a UCL podle vztahů níže.[2]

Regulační diagram (s) [2]

Testovým kritériem pro tento diagram je směrodatná odchylka s_j . Za předpokladu, že $\alpha = 0,0027$ a neznámých skutečných hodnotách u_0 a σ_0 , vypočítáme $CL = \bar{s}$ podle:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{j=1}^k s_j}{k} \quad (2.4.1.13)$$

Pro odvození vztahů ke stanovení akčních mezí v tomto diagramu využíváme vztah pro odhad směrodatné odchylky a pro výběrovou směrodatnou odchylku:

$$\hat{\sigma}_s = \frac{\bar{s}}{C_4} \cdot \sqrt{1 - C_4^2},$$

(2.4.1.14)

Regulační meze poté vypočteme podle vztahů:

$$LCL = \bar{s} \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,00135}^2(n-1)}{n-1}},$$

(2.4.1.15)

$$LCL = \bar{s} \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,99865}^2(n-1)}{n-1}},$$

(2.4.1.16)

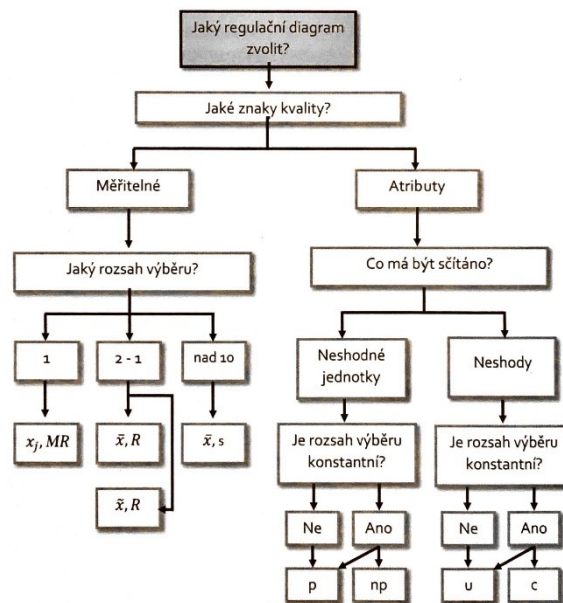
1.4.2 Regulační diagram srovnáním

Diagramy srovnáním porovnávají skutečnosti, zda pozorování mají, resp. nemají určitou vlastnost a případně kolik jednotek ze souboru danou vlastnost má, popřípadě kolik je jich ve skupině nebo v ploše. Jedná se o regulační diagramy:

- pro podíl neshodných jednotek,
- počet neshodných jednotek,
- počet neshod na jednotku,
- pro počet neshod. [5]

1.4.3 Jak zvolit odpovídající regulační diagram

Ve chvíli, kdy se rozhodujeme, jaký regulační diagram využijeme, můžeme použít níže uvedené schéma:



Obrázek 3 – Rozhodovací strom pro volbu regulačního diagramu [1]

1.4.4 Etapy statistické regulace

Statistická regulace procesu probíhá ve čtyřech základních etapách a to: [2]

1. přípravná etapa

- identifikovat cíle regulace,
- definovat znaky kvality a parametrů procesu pro zkoumání a zapisování regulované veličiny, včetně stanovení, zda budeme sledovat jeden případně více znaků kvality,
- vybrat kontrolní body procesu co nejdříve po vzniku odchylky,
- vybrat odpovídající metodu získání hodnot znaku kvality,
- definovat odpovídající rozsah (délku) kontrolního intervalu pro zachycení významných odchylek v procesu,
- vybrat vhodný způsob výběru, který můžeme přiřadit k jednomu zdroji variability (např. konkrétní stroj),
- definovat odpovídající rozsah výběru (citlivější na změny – větší rozsah, náročnější operace – menší rozsah) o konstantní velikosti,
- vybrat vhodný typ regulačního diagramu,
- připravit sběr a zapisování získaných hodnot.

2. etapa zabezpečení statisticky zvládnutého procesu

- identifikace a odstranění působení vymežitelných vlivů, včetně zabránění jejich opakování zajištěním odpovídajících podmínek,
- práce s regulačními diagramy.

3. etapa analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu

- zkoumání schopnosti statisticky zvládnutého procesu dosáhnout požadavků zákazníka (např. toleranční meze),
- využití indexů způsobilosti k hodnocení způsobilosti procesu.

4. etapa dlouhodobé statistické regulace procesu

- udržování procesu statisticky zvládnutého a způsobilého,
- signalizování poruch v procesu pomocí regulačních diagramů.

2 METODY A NÁSTROJE ŘÍZENÍ PROCESŮ V PODMÍNKÁCH STATISTICKÉ REGULACE PROCESU

Metod a nástrojů pro řízení procesů je celá řada. Pro potřeby statistické regulace procesu se budeme věnovat základním nástrojům, mezi které patří kontrolní seznamy, Paretův diagram, vývojový diagram, diagram příčin a následků, histogram, korelační diagram a regulační diagramy, které byly popsány výše.

2.1.1 Kontrolní seznam

Pomocí kontrolního seznamu velmi jednoduše zjišťujeme, zda se při procesu postupovalo správně. Ve většině případů se jedná o formulář předem definovaných kontrolních parametrů, do kterých se zapisují informace o sledovaném procesu.

Seznam dále slouží jako podklad pro rozhodování a používání metod zlepšování kvality. Kontrolní seznamy nemají stanovenou strukturu. Mění se podle účelu jejich využití.[8]

2.1.2 Paretův diagram

Paretův diagram patří mezi nejefektivnější nástroje pro rozhodování nejen pro potřeby kvality, ale také v jiných oblastech managementu. Diagram pracuje s pravidlem, že 80 % problémů je způsobeno 20 % příčin. Z výše uvedeného plyne, že úkolem manažera kvality je, zaměřit se právě na tyto příčiny.

Jméno diagramu vzniklo na základě nepravidelného rozložení bohatství mezi obyvateli, které popsal ekonom Vilfred Pareto, a které posléze přetvořil J. M. Juran do oblasti kvality jako Paretův princip. [1, 8]

2.1.3 Vývojový diagram

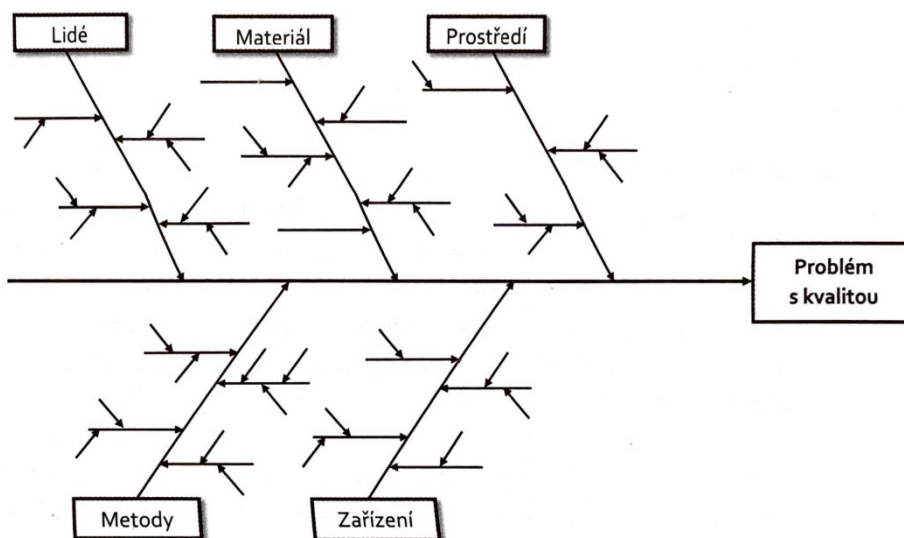
Vývojový diagram slouží k zobrazení vzájemných posloupností a návazností kroků v konkrétním procesu. To vše se snaží graficky znázornit pomocí jednoduchých, předem definovaných obrazců. Grafické zobrazení tak může posloužit k pochopení daného procesu lépe než jeho slovní popis.

Zahájením tvorby diagramu je stanovení začátku a konce procesu. Dále jsou zpracovány jeho jednotlivé činnosti. Vše zpracováváme grafickými symboly. [více viz. 1, s. 55]. V případě nepřehledného diagramu je vhodné rozdělit proces na dílčí podprocesy. [1]

2.1.4 Diagram příčin a následku (Ishikawův diagram, diagram rybí kosti)

Pomocí tohoto nástroje bychom měli identifikovat pravděpodobné příčiny problému s kvalitou. Velmi často je spojován s brainstormingem, pomocí kterého se zúčastněná skupina věnuje hledání potencionálních příčin definovaného problému. [1]

Postup tvorby diagramu je blíže popsán v literatuře [1].



Obrázek 4 – Ishikawův diagram [1, s. 57]

2.1.5 Histogram

Histogram zobrazuje rozdělení četnosti hodnot pravděpodobnosti náhodné veličiny. Ty jsou rozdělovány do tříd (intervalů) podle jednotlivých četností hodnot. Tvar grafu nám pomáhá stanovit, jaké je rozdělení pravděpodobnosti. [1] Jednotlivé tvary histogramů lze nastudovat v [8, s. 304].

2.1.6 Vyhodnocení způsobilosti procesu pomocí indexů způsobilosti

Způsobilost procesu považujeme za jeho schopnost dlouhodobě dosahovat stanovených podmínek jakosti. Tuto vlastnost kvantifikujeme prostřednictvím číselného vyjádření. Pokud takové ukazatele vytváříme, musíme mít představu o jejich vlastnostech. Měli by být jednoduché, srozumitelné, vypovídající, názorné a univerzální. Pro jejich použití musí být zajištěno splnění určitých předpokladů. Jejich konstrukce má za úkol pokrýt všechny možnosti způsobilosti. [2]

Způsobilost hodnotí následující [2, s. 271]:

- udržení cílové hodnoty ukazatele jakosti,
- míru variability kolem cílové hodnoty.

Postup pro analýzu způsobilosti procesu [11]:

- zvolení znaku kvality,
- analýza způsobu měření definovaného znaku kvality,
- shromažďování hodnot znaku kvality,
- průzkum shromážděných dat,
- posouzení, zda je proces statisticky zvládnutý,
- kontrola normálního rozdělení znaku,
- výpočet indexů způsobilosti a jejich porovnání s definovanými požadavky,
- návrh a uskutečnění případných opatření ke zlepšení procesu.

Index způsobilosti C_p

Tento index má za úkol znázornit, zda je sledovaný proces schopen zajistit udržení znaku kvality uvnitř tolerančních mezí. Lze jej stanovit pouze v případě, že jsou definovány obě toleranční meze. Index znázorňuje poměr maximálně přípustné a skutečné variability hodnot znaku kvality, aniž by zde hrálo jeho umístění v tolerančních mezích roli. Jedná se tedy o charakteristiku potencionální možnosti procesu, která je udávána jeho variabilitou, avšak nevypovídá nic o skutečnosti jejího využití. [1]

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (3.1)$$

kde:

LSL – dolní toleranční mez,

USL – horní toleranční mez,

σ - směrodatná odchylka.

6σ vyjadřuje skutečnou variabilitu znaku kvality sledovaného procesu. Pokud má soubor normální rozdělení, vymezuje oblast, v níž budou naměřené hodnoty ležet s pravděpodobností 99,73 %.

Index způsobilosti C_{pk}

Index C_{pk} stejně jako index C_p zohledňuje variabilitu sledovaného znaku a také jeho polohu vůči tolerančním mezím. Charakterizuje tedy skutečnou způsobilost sledovaného procesu dodržet dané toleranční meze. Vyjadřujeme jej v oboustranné i jednostranné toleranci. [12]

Jednostranná tolerance – dolní toleranční mez

$$C_{pk} = C_{pL} \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (3.2)$$

Jednostranná tolerance – horní toleranční mez

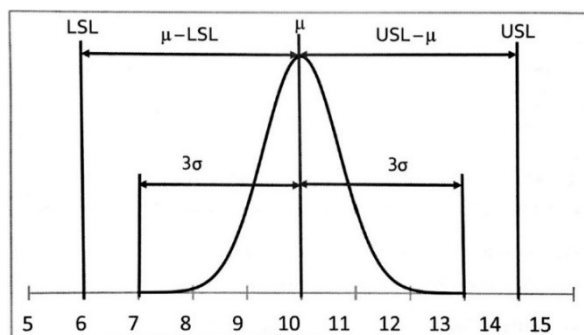
$$C_{pk} = C_{pU} \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (3.3)$$

Oboustranná tolerance

$$C_{pk} = \min\{C_{pL}; C_{pU}\} = \min\left\{\frac{\mu - LSL}{3\sigma}; \frac{USL - \mu}{3\sigma}\right\} \quad (3.4)$$

kde:

μ – střední hodnota sledovaného znaku kvality.



Obrázek 5 – Charakteristiky pro stanovení indexu způsobilosti [1, s. 110]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ZÁKLADNÍ INFORMACE O SPOLEČNOSTI

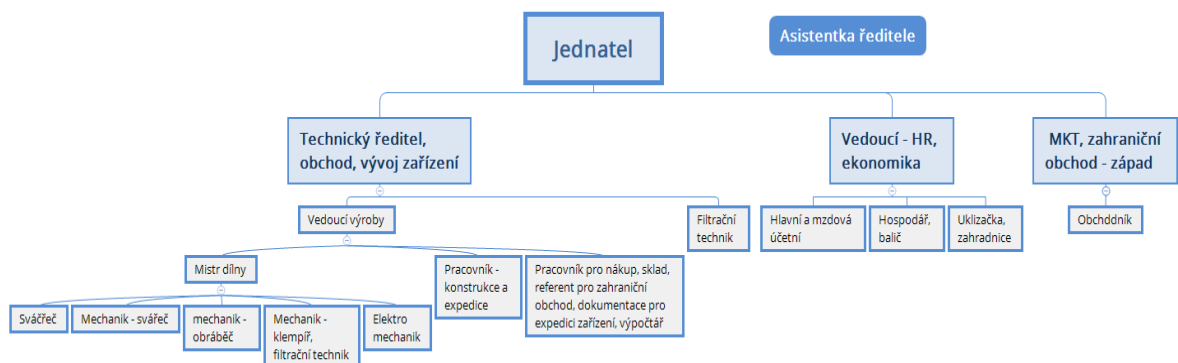
3.1 Charakteristika společnosti

Bílek Filtry s. r. o. je malá společnost zabývající se výrobou průmyslových filtračních zařízení zejména pro potravinářství jako jsou např. pivovarnictví, vinařství a likérnictví, ale také pro strojírenský, chemický a petrochemický průmysl. Rozvinula se z výroby zádoových postřikovačů až na výrobce sofistikovaných filtračních zařízení, kde se může zařadit mezi nejlepší v oboru. Portfolio zákazníků je tvořeno širokým spektrem uživatelů, jako jsou hobby vinaři, ale rovněž velké průmyslové závody. V současné době společnost operuje převážně na ruském trhu. Samozřejmostí je také Česko a Slovensko. Dalšími trhy jsou státy východní a západní Evropy.

3.1.1 Hlavní obor činnosti:

- výroba filtračních zařízení a CIP stanic,
- prodej filtračních materiálů a doplňkových technologií,
- služby ve formě návrhu a zpracování filtračního projektu a auditu filtračního procesu a okolních technologií.

3.1.2 Organizační struktura



Obrázek 6 – Organizační struktura společnosti [13]

3.1.3 Charakteristika potenciálních a klíčových zákazníků

Klíčové zákazníky společnost obecně dělí na koncové odběratele a obchodní společnosti. Oba typy zákazníků jsou pro společnost velmi důležité. Na českém a slovenském trhu společnost spolupracuje převážně s koncovými odběrateli. Mimo tuzemský trh dodává své technologie hlavně obchodním a inženýrským firmám.

Značná část exportu proudí přes české projektové a dodavatelské společnosti, které operují v zahraničí. Bílek Filtry s. r. o. spolupracuje také se zahraničními distributory.

Společnost si uvědomuje, že kvůli velikosti a nasycenosti tuzemského trhu je zahraniční rozvoj nezbytnou součástí firemní strategie.

S posilováním exportu také souvisí požadavek na vysokou kvalitu a spolehlivost zařízení. Servisní služby v zahraničí jsou velmi nákladné a v mnoha případech je nelze poskytovat přes distribuční síť. Proto chce společnost zvýšit technické schopnosti svých výrobních pracovníků tak, aby zařízení měla ještě vyšší kvalitu a spolehlivost, a také aby byly servisní výjezdy minimální. Pokud jsou však servisní služby nutné, snaží se poskytnout maximální péči.

3.2 Výrobní sortiment

Výrobní sortiment pokrývá zejména sekci filtrace, která je koncovkou u většiny procesů, u nichž je nutné filtrovat. Filtrace slouží k separaci (oddělení) pevných látek od kapalin případně plynů. Jednotlivé typy mají své kladné i záporné stránky. Proto společnost vyrábí více druhů filtrů, které se hodí pro různé aplikace, dle požadavků zákazníka a nároků na obsluhu. Zbývající výrobní sortiment doplňuje a zajišťuje optimální funkci filtrace.

3.2.1 Filtrační zařízení

Filtrační zařízení tvoří hlavní výrobkovou řadu. Dělí se na primární a sekundární filtraci.

Primární filtrace má na procesu hlavní podíl. Jejím úkolem je zajistit cca 99 % práce, tzn. 99 % čistoty.

Sekundární filtrace, interně označována jako „policista“, slouží např. v pivovarnickém průmyslu místo pasterace a svou účinností zajišťuje 100% mikrobiologickou stabilitu piva (ovlivňuje trvanlivost).

Ve srovnání s pasterizací, která má za úkol zabít živé organismy v produktu, je sekundární mikrofiltrace šetrnější, protože nenamáhá pivo změnami teplot. To má vliv na jeho chuť a současně také na ekonomiku provozu.

Filtrační zařízení:

- křemelinové filtry FKS (pivo, víno, oleje...),
- Cross Flow filtry FCW/FCB (pivo, víno, voda...),
- mikrosvíčkové filtry FMS (pivo, víno, voda...),
- trap filtry (zachycování úletu křemeliny),
- rukávcové filtry (hrubá filtrace),
- multifunkční filtry (pivo, víno, voda...).



Obrázek 7 – Křemelinový filtr FKS [13]

Každá filtrace má několik produktových řad. Dělí se zejména podle velikosti (dle požadované produkce a nároků na proces) a stupně automatizace (základní – ruční, poloautomatická, plně automatická a plně automatická s vazbou na okolí filtru).

3.2.2 Sanitační stanice CIP

CIP stanice nalézají své uplatnění všude tam, kde je potřeba udržovat kvalitu a čistotu produktu v průběhu jeho výrobního procesu. Produktová řada CIP stanic je opět rozdělena podle velikosti (objemu sanitovaných technologií) a stupně automatizace.

3.3 Představení principu funkce křemelinových filtrů FKS

Nyní si představíme princip funkce stěžejního produktu společnosti. Jedná se o křemelinové filtry FKS.

3.3.1 Princip křemelinové filtrace

Srdce křemelinového filtru tvoří filtrační svíčka (nosič filtračního materiálu). Jedná se o nejdůležitější část zařízení. Je tvořena spirálovitě navinutým drátem, který má mezi jednotlivými náviny spáru o přesné velikosti. Na takovou filtrační svíčku se pomocí cirkulačního čerpadla naplavuje filtrační křemelina (případně perlit, stabilizační přípravek a jiné), která průtokem ulpívá na jejím povrchu. Po naplavení dochází k filtraci samotného produktu. Filtrační kapacita je kontinuálně zvyšována dodáváním další křemeliny pomocí dávkovacího čerpadla. Ve chvíli, kdy dojde k úplnému ucpání filtru, se filtrační křemelina (filtrační koláč) odstraňuje manuálním nebo automatickým odstřelem. [13]

3.4 Zakázkový proces u filtru FKS

3.4.1 Požadavek zákazníka

Požadavek zákazníka může být rozdělen do několika skupin:

- aktualizace stávající technologie,
- rozšíření technologie,
- založení zcela nového provozu – nový projekt.

Z tohoto důvodu bývá často vyvoláváno osobní jednání v provozu zákazníka nebo ve výrobním závodě Bílek Filtry s. r. o. Současně je sepisován tzv. poptávkový list (formulář) s předem stanovenými dotazy. Odpovědi na ně umožňují stanovit adekvátní technologii dle potřeb zákazníka.

3.4.2 Vypracování nabídky a projektu

Součástí každého obchodního případu je tzv. předvývojová část, kdy musí vývojové oddělení společně s konstrukcí v poměrně krátkém termínu vypracovat projekt a navrhnout konstrukční řešení včetně ceny (zahrnuje také kalkulaci balení, dopravy, náhradních dílů apod.). Ve většině případů tvoří základ projektu některý z typizovaných produktů s úpravou na konkrétní specifikaci zákazníka.

3.4.3 Akceptace nabídky, schvalovací řízení a objednávka

Před uzavřením případného kontraktu následuje dohoda o dodacích a platebních podmínkách, způsobu předání a zaškolení obsluhy.

3.4.4 Výroba

Samotná výroba je zahájena technickou přípravou výroby (TPV). TPV vypracuje detailní výkresovou dokumentaci, seznam kusovníků a tím i podklady pro oddělení nákupu.

Proces výroby probíhá v následujících krocích:

- obrábění na konvenčních strojích,
- svařování,
- kompletování,
- broušení,
- elektrochemické leštění,
- znovu kompletování,
- elektroinstalace,
- ožívování – nahrávání programu,
- testování,
- balení,
- expedice.

3.4.5 Potřebná certifikace, zkoušky, pasporty a jiné

Každé zařízení společnosti Bílek Filtry s. r. o. musí splňovat zákonné normy a požadavky. Tím nejzákladnějším je zákon č. 22/1997 Sb. Zákon o technických požadavcích na výrobky, který stanovuje cíle v oblasti ochrany zdraví a bezpečnosti osob, majetku a životního prostředí, případně jiných veřejných zájmů.

3.4.6 TÜV SÜD s. r. o.

TÜV SÜD s. r. o. společnosti pomáhá jako nezávislá organizace, která ověřuje shodu zařízení s požadavky předpisů NV. č. 176/2008 Sb. (směrnice 2006/42/ES) – technické požadavky na strojí zařízení, NV. č. 117/2016 Sb. (směrnice 2014/30/EU) - nařízení vlády o posuzování shody výrobků z hlediska elektromagnetické kompatibility při jejich dodávání na trh, NV. č. 219/2016 Sb. (směrnice 2014/68/EU) - Nařízení vlády o posuzování shody

tlakových zařízení při jejich dodávání na trh. Na základě inspekční zprávy vystavuje inspekční certifikát. [13]

4 ANALÝZA A POPIS PROCESU VÝROBY FILTRAČNÍCH SVÍČEK PRO FILTRY FKS

Společnost z větší části uskutečňuje svou činnost prostřednictvím zákaznických požadavků na velké technologické celky. Ty se skládají z různých součástí. Základním stavebním kamenem křemelinových filtrů je rám, míchací nádoba a těleso filtru. K těmto jednotlivým částem jsou přidruženy další vyráběné a nakupované komponenty jako elektrosoučásti (čidla, sondy, rozvaděče, PLC jednotky, zobrazovače), motory (produktová čerpadla, dávkovací čerpadla) a měřicí technika (průtokoměry, zákaloměry). Na základě požadavku se vypracovává individuální projektová dokumentace.

4.1 Proces výroby filtračních svíček

Jak již bylo výše uvedeno, srdcem a hlavní částí křemelinového filtru jsou svíčky, které slouží jako nosič filtrační křemeliny. Ta posléze slouží jako filtrační materiál.



Obrázek 8 – Filtrační svíčka [13]

Z obrázku 8 je patrné, že svíčku tvoří vinutý drát na nosiči (kostře). Vinutý drát musí vytvářet neměnnou spáru ve stanovené šířce. Širší, resp. užší spára má za následek nesprávnou funkci filtru. Způsobuje totiž propadávání nebo neusazování se filtrační křemeliny na filtrační přepážce (svíčke). Proto je zde kladen velký důraz na přesnost provedení spáry.

Společnost nedisponuje technologií pro výrobu těchto výrobků, a proto je nakupuje jako polotovary. Zakončení a uchycení filtračních svíček však realizuje ve vlastní režii.

4.1.1 Nákup a úprava polotovaru

Dle požadavku zákazníka na filtrační plochu (filtrační výkon) zařízení je realizována objednávka stanoveného počtu kusů filtračních svíček v požadované délce. Konce každé ze svíček se odjehlují pomocí úhlové brusky. Poté následuje rovnání a měření průměru svíčky pro účely kalibrace objímek.



Obrázek 9 – Polotovar filtrační svíčky (vlastní zpracování)

4.1.2 Kalibrace objímek

Po měření průměrů svíček je potřeba každý polotovar objímky svíčky zkalibrovat na požadovaný počet naměřených průměrů. Tato kalibrace se provádí na soustruhu.

4.1.3 Navařování záslepek

Spodní část svíčky tvoří zaslepovací objímka. Jedná se o výrobek složený ze dvou nakupovaných polotovarů, a to z kalibrované objímky a záslepky. Postup připevnění této objímky na svíčku probíhá bodovým svařováním ke kostře svíčky a následné svaření se záslepkou.



Obrázek 10 – Záslepka na svíčce (vlastní zpracování)

4.1.4 Výroba koncovky svíčky

Koncovka svíčky pro upevnění v přírubě se vyrábí soustružením na klasickém soustruhu. Postup její výroby bude popsán níže.

4.1.5 Navařování objímek se závitem

Pro upevnění svíčky v nosné přírubě je potřeba opatřit její vrchní část koncovkou se závitem. Postup je podobný jako u výroby zaslepovacích objímek s tím rozdílem, že po upevnění objímky a jejím přivaření na polotovar musí být filtrační svíčka upnuta do soustruhu. Její konec je posléze soustružen pro dosažení ideálně rovného povrchu tak, aby koncovka svíčky dosedla kolmo na čelo objímky. Jakákoli nepřesnost může po montáži dlouhého elementu způsobit nesouosost mezi jednotlivými svíčkami i v řádech několika milimetrů, což je v procesu samotné filtrace nežádoucí.

Na ideálně hladkou plochu jsou posléze osazeny (svařováním) závitové koncovky pro upevnění elementu v přírubě.



Obrázek 11 – Navařená koncovka se závitem (vlastní zpracování)

4.2 Proces kontroly

Kontrola procesu výroby svíček probíhá v současné době pouze namátkově, a to mistrem dílny, který pomocí odpovídajících měřidel kontroluje kvalitu výstupů z jednotlivých procesů podle výkresové dokumentace.

4.2.1 Definice kontroly kvality výstupů z jednotlivých procesů výroby filtračních svíček

Nákup a úprava polotovaru

Polotovary filtračních svíček jsou namátkově kontrolovány již při samotném naskladnění spárovou měrkou. Šířky mezer jednotlivých návinů drátu na kostře musí dosahovat požadovaných hodnot. Pokud je spára širší, resp. užší, musí být polotovar vyřazen a překontrolována celá dávka filtračních svíček. Takový proces kontroly je velmi časově náročný, proto jsou kladeny velmi přísné požadavky na dodavatele svíček.

Dále se vizuálně kontroluje prohnutí svíček. Zakřivené svíčky jsou fyzicky rovnány přímo ve výrobě.



Obrázek 12 – Spárová měrka (vlastní zpracování)

Kalibrace objímek

Proces kalibrace objímek nevyžaduje žádnou zvláštní kontrolu. Kalibruje se nakoupený polotovar, který splňuje předpoklady pro další úpravu. Probíhá pouze namátkové měření operátorem.

Navařování zaslepovacích koncovek

Zde probíhá namátková kontrola kvality svárů. Ty musí odpovídat podmínkám stanoveným pro potravinářský průmysl. Zpravidla se kontroluje stopa sváru, průvar, propadení svárů a estetika.

Výroba koncovky svíčky

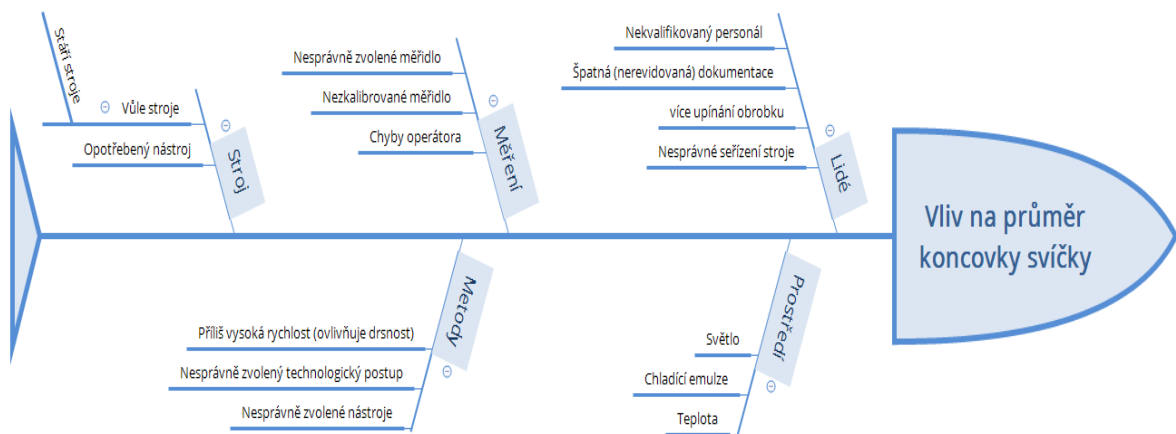
U vybraných kusů, zpravidla každý 10 ks, probíhá kontrola největšího průměru koncovky.

Navarování objímek se závitem

U výstupů tohoto procesu je kontrolováno dodržení kolmosti při navaření na filtrační svíčku. Probíhá namátkově mistrem dílny.

4.2.2 Diagram příčin a následků vybraného kritického procesu

Pro sestavení digramu příčin a následků vlivu na průměr svíčky byl sestaven čtyřčlenný tým skládající se z vedoucího výroby, mistra dílny, obráběče a konstruktéra. Tito pracovníci sestavili následující digram, kde identifikovali nejpodstatnější vlivy působící na průměr koncovky filtrační svíčky.



Obrázek 13 – Diagram příčin a následků vlivu na průměr svíčky (vlastní zpracování)

Nejvýznamnější vliv na proces výroby koncovky mají lidský faktor a stroje. Společnost si je vědoma nedostatku odborných pracovníků na jednotlivých pozicích. Nedostatek kvalifikovaných lidských zdrojů vyžaduje přesné technologické postupy a výkresovou dokumentaci. Zmiňovaný nedostatek kvalifikovaného personálu, případně nepřesnosti v postupech a dokumentaci si vyžádají vícenáklady v podobě oprav a zmetků.

Strojová vybavenost společnosti je v tuto chvíli zastaralá a vyžaduje přinejmenším seřízení. Obsluha má ztíženou práci s odhadováním vůlí stroje dle požadavků na konkrétní výrobek.

4.2.3 Návrh monitorovacího aparátu v procesu výroby koncovek filtračních svíček

Sběr dat v procesu obrábění koncovky filtrační svíčky se bude provádět pomocí papírového formuláře, do kterého bude hodnoty naměřené pomocí mikrometru prozatím zapisovat samotný operátor. Výsledky měření budou vyhodnocovány v programu Minitab. V případě,

5 NÁVRH ZAVEDENÍ STATISTICKÉ REGULACE V PROCESU OBRÁBĚNÍ KONCOVEK FILTRAČNÍCH SVÍČEK

5.1 Demontrace zavedení metod a nástrojů SPC

Ve firmě doposud nejsou zavedeny statistické metody v oblasti kvality. Většina produkce, její vstupy a výstupy, prochází namátkovou vizuální kontrolou a měřením klasickými měřidly. S rostoucím objemem produkce však firma požaduje více předcházet případným neshodám v produkci. Proto se rozhodla ke sledování kritického procesu.

Usazení filtračních svíček do nosné příruby má vliv na konečnou hodnotu produktu tvořeného filtračním zařízením (např. piva, vína) a je tedy jedním z klíčových procesů.

5.1.1 Nákladová analýza procesu výroby svíček – důvody pro zavedení SPC

Filtrační svíčka jako hlavní komponenta filtračního zařízení tvoří jedno z nejkritičtějších míst v procesu výroby křemelinových filtrů. Přes filtrační svíčky totiž prochází konečný produkt zákazníka, který vyžaduje kvalitní výstup pro další prodej. Pokud nefunguje, byť jedna filtrační svíčka správně, má to vliv na celý proces filtrace a je tak „zničena“ celá filtrační várka, respektive se celý proces filtrace musí opakovat. Z toho vznikají nemalé dodatečné náklady na straně zákazníka. Bílek Filtry s. r. o. chce mít riziko z takových dodatečných nákladů, které nese, co nejlépe pokryto.

Každému filtračnímu procesu předchází příprava filtračního zařízení ve formě čištění, dezinfekce a naplavování křemeliny. Příprava trvá přibližně 1 hodinu pracovního času filtračního technika. Samotná filtrace zabere určitý čas, podle požadavku na množství zfiltrovaného produktu. Zpravidla se jedná o jednu pracovní směnu.

Po této fázi musí být opět filtrační zařízení vyčištěno, dezinfikováno a připraveno na další filtraci (přibližně 1 hodina práce).

Jedná se tak o velmi silné argumenty pro zajištění správné funkce filtračního zařízení. Zákazník (výrobce piva) většinou definuje své nároky požadavkem na množství kvasničných buněk v jednom mililitru výsledného produktu. Pokud tuto podmínku filtrační zařízení nespĺňuje, může zákazník požadovat náhradu dodatečných nákladů a také velmi podstatnou položku ve formě ušlého zisku. Tyto podmínky jsou individuálně ošetřeny v kupních

smlouvách. Dále je zde nutné zmínit dodatečné náklady společnosti na záruční servis a jeho nároky na servisní techniky.

Výrobní cena samotné komponenty je stanovena na 263,- Kč/ks. Při roční produkci 2 000 ks se jedná o náklady ve výši 526 000,- Kč.

5.1.2 Identifikování cíle regulace

Při procesu výroby koncovek filtračních svíček musí být dodržována vysoká přesnost průměru obráběné koncovky pro další proces uchycení filtrační svíčky v přírubě. Přesnost průměru se měří mikrometrem, kdy horní hranice průměru dosahuje 39,7 mm s odchylkou 0,04 mm. Průměr koncovky filtrační svíčky je dán průměrem otvoru pro uchycení v horní přírubě filtru. Spodní hranice může mít odchylku do - 0,08 mm.

Nepřesnost ve větším průměru koncovky způsobí nemožnost instalace do příruby a zmetky je v tomto případě potřeba znovu upravovat. Toto způsobuje vícepráce ve formě zpětného přepracování a obrábění koncovek. Naopak při nedodržení požadované odchylky do - 0,08 mm vytváří neopravitelné zmetky.

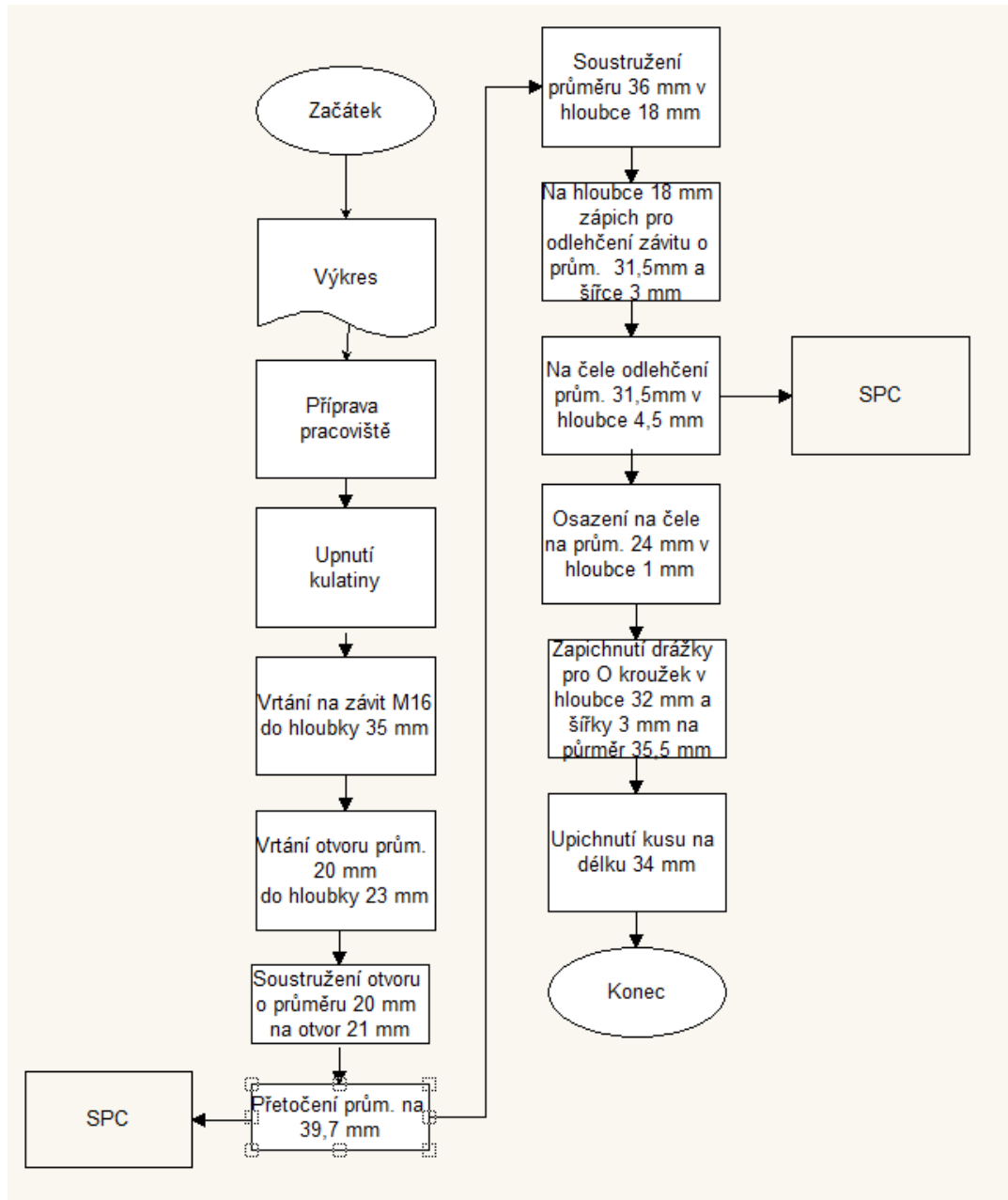
5.1.3 Proces výroby koncovek filtračních svíček a návrh kontrolních míst

Výroba koncovek probíhá na základě výkresové dokumentace stanovené technickou přípravou výroby (konstrukcí). K výrobě se využívá konvenční soustruh TOS SU 40/1500 a konvenční frézka. Proces výroby je rozdělen do 4 fází a to: vrtání a stočení průměru, řezání závitu, frézování drážky a závěrečné odjehlování. Odjehlování zde není pro svou jednoduchost popisováno pomocí vývojového diagramu, ale pouze opisem. Rozdělení do 4 fází je nutné zejména kvůli využití konvenčního soustruhu.

Nevýhodou je opakované upínání obrobku do vřetene soustruhu. Častější upínání má vliv na konečnou kvalitu výrobku. Pokud obsluha častěji upíná obráběnou součástku, není zaručeno, že jej vždy upne ve stejné poloze, což může způsobovat další odchylky od výkresové dokumentace.

Každý diagram obsahuje návrh pro kontrolní místa procesu (sběr dat pro SPC). Vývojový diagram byl tvořen v programu Diagram Designer.

Vývojový diagram procesu vrtání a stočení na základní sledovaný průměr



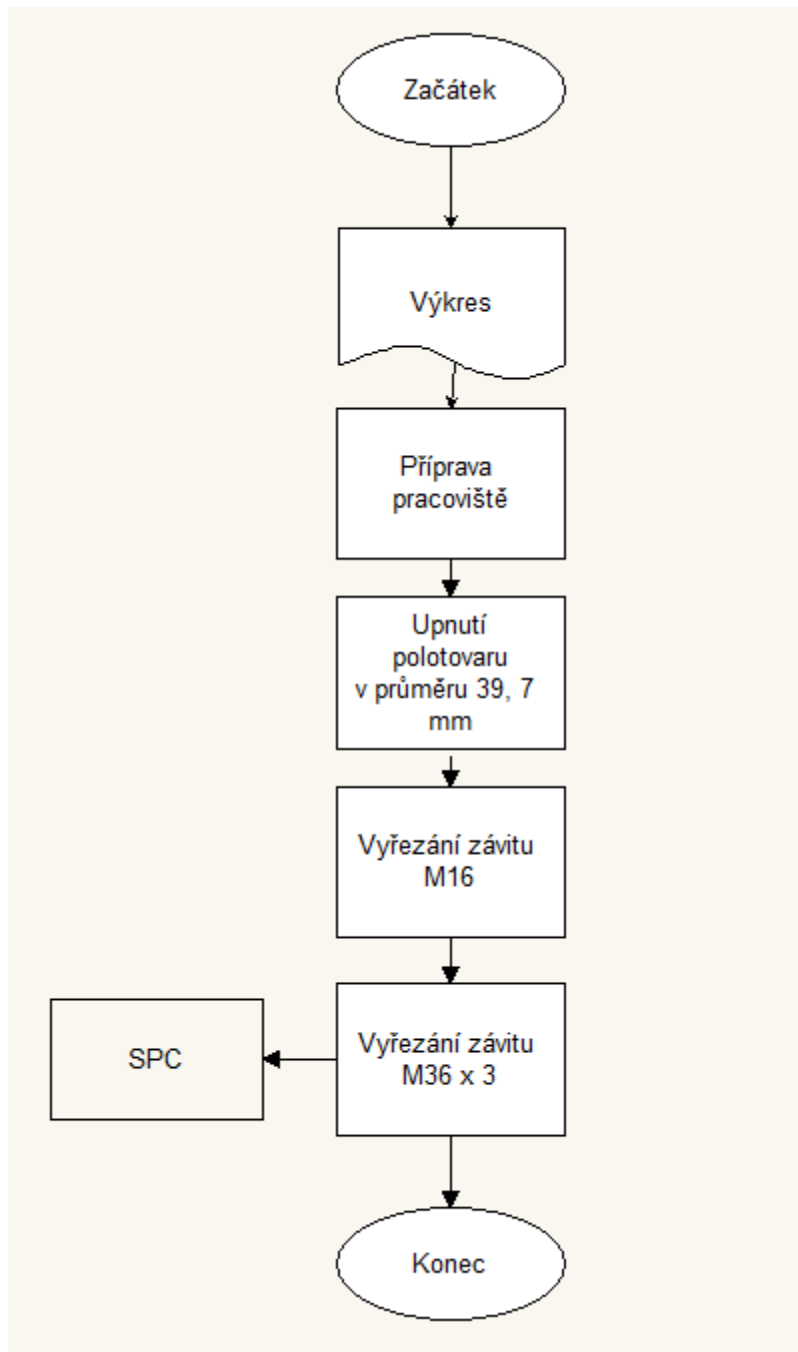
Obrázek 14 – Vývojový diagram vrtání a stočení na základní průměr (vlastní zpracování v programu Diagram Designer)

Proces vrtání otvorů a stočení na základní průměr je proveden na jedno upnutí obrobku. Postup výroby je stanoven v takové souslednosti, aby byla zachována vysoká efektivita procesu.

U procesu stočení obrobku na průměr 39,7 mm bude dle návrhu probíhat u každého 10. kusu měření průměru a zapisování hodnot do výše zmíněného formuláře. Tento proces je zvolen pro zamýšlené zavedení statistické regulace.

Po upichnutí (oddělení polotovaru od kulatiny) polotovaru na délku 34 mm je tento kus umístěn do bedny k dalšímu zpracování v procesu řezání závitu.

Vývojový diagram řezání závitu

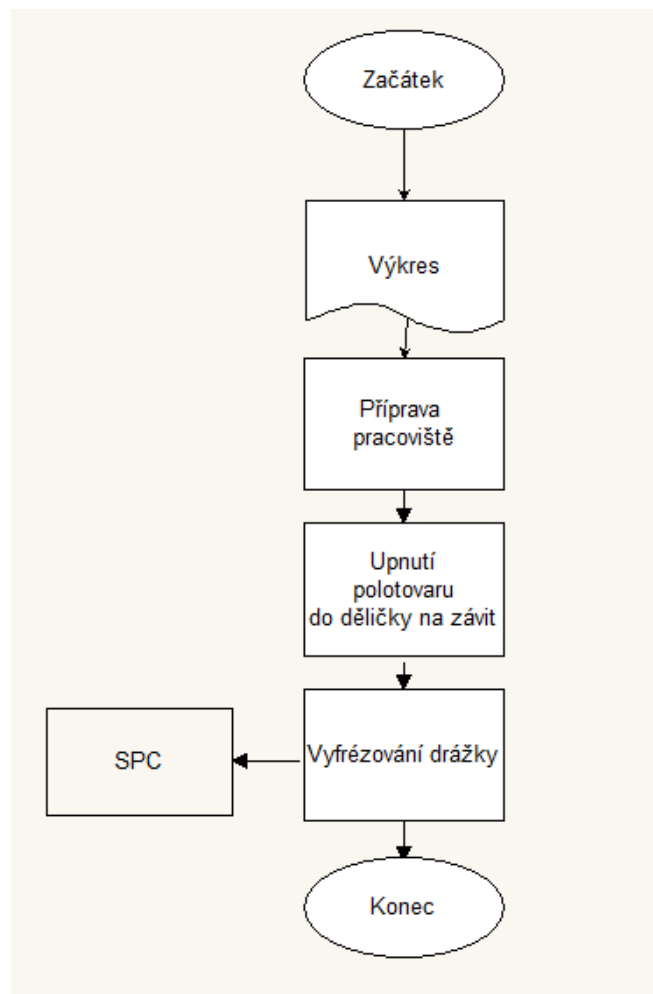


Obrázek 15 – Vývojový diagram řezání závitu (vlastní zpracování v programu Diagram Designer)

Pro řezání závitu jsou využity různé nástroje. Nejdříve se soustruh osadí závitníkem M16, který vyřeže potřebný závit. Následuje osazení soustruhu závitovým nožem a vyřezaný závit se upraví na M36 x 3.

V tomto bodě by mohla být také zavedena statistická regulace měřením, zda závit splňuje parametry výkresu a možnosti upevnění v přírubě.

Vývojový diagram frézování drážky



Obrázek 16 – Vývojový diagram frézování drážky (vlastní zpracování v programu Diagram Designer)

Proces frézování drážky je závěrečná fáze strojového obrábění. Drážka slouží pro klíč, pomocí kterého se filtrační svíčka upevňuje v přírubě. Zde by mohla být zavedena statistická regulace měření pro šířku drážky. Tento proces není ale z hlediska analýzy natolik významný a neovlivňuje zásadně celou kvalitu koncovky.

Odjehlování

Tento proces byl uznán jako nevýznamný z pohledu statistické regulace. V předcházejících operacích vznikají na obrobku otřepy a ostré hrany, které by mohly způsobovat například zadření závitu nebo poranění operátora, či montážního pracovníka. Proto musí být všechny otřepy ručně odstraněny. K odjehlování používáme úhlovou a malou kardanovou brusku.

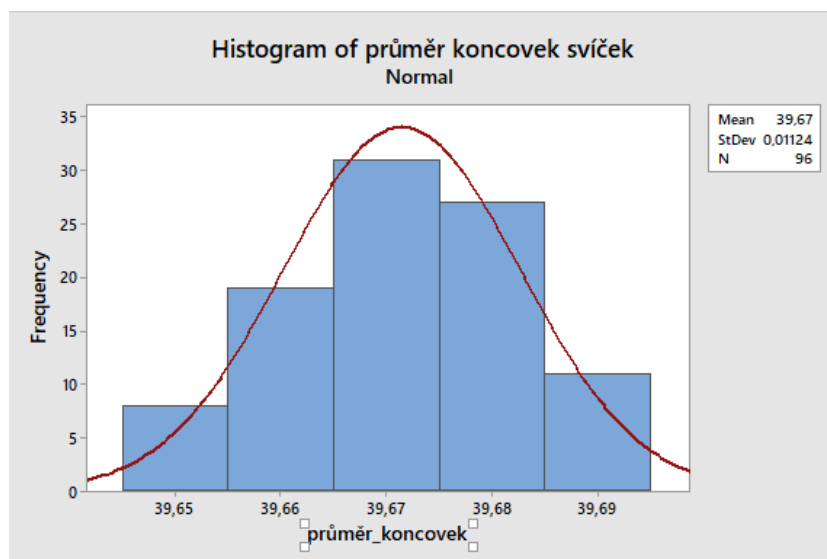
5.2 Vyhodnocení procesních dat z vybraného procesu Přetočení na průměr 39,7 mm

Pro vyhodnocení a sestavení regulačních diagramů jsme nejdříve získali vstupní data naměřená operátorem.

5.2.1 Ověření normality dat výběrového souboru

Pro ověření dat výběrového souboru byl použit histogram naměřených hodnot společně s ověřením normality pomocí Ryan – Joinerova testu (Minitab).

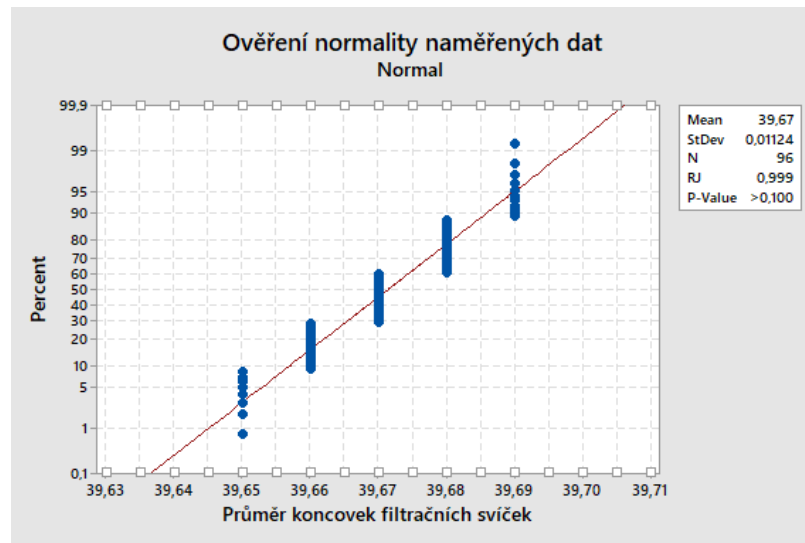
Histogram naměřených hodnot



Obrázek 17 – Histogram naměřených hodnot (vlastní zpracování v programu Minitab)

Z výše uvedeného histogramu je zjevné, že naměřená data mají normální rozdělení. Pro další ověření normality bude proveden Ryan – Joinerův test.

Ověření normality pomocí Ryan – Joinerova testu



Obrázek 18 – Ryan – Joinerův test normality (vlastní zpracování v programu Minitab)

Ověření normality bylo provedeno pomocí Ryan – Joinerova testu, který je alternativou k Shapiro – Wilkovu testu. Normalita se v tomto případě vyhodnocuje jako korelace mezi daty a kvantily normálního rozdělení.

Výsledkem testu je dle p hodnoty větší než 0,05 skutečnost, že naměřená data mají s pravděpodobností 95 % normální rozdělení. Splňujeme tak jednu ze základních podmínek pro tvorbu regulačních diagramů.

5.2.2 Analýza konstantnosti rozptylu pomocí Bartlettova testu

Method

Null hypothesis All variances are equal
Alternative hypothesis At least one variance is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Bartlett's method is used. This method is accurate for normal data only.

Tests

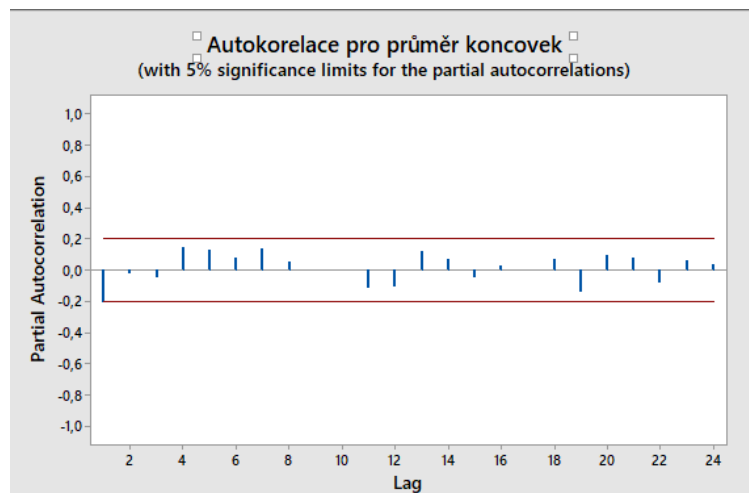
Method	Test	
	Statistic	P-Value
Bartlett	1,07	0,899

Obrázek 19 – Analýza rozptylu pomocí Bartlettova testu (vlastní zpracování v programu Minitab)

Bartlettův test ověřil konstantnost rozptylu. Výsledná p hodnota je v tomto případě vyšší než stanovená hladina významnosti 0,05 a usuzujeme tedy, že je rozptyl v čase konstantní (homogenní).

5.2.3 Ověření nezávislosti dat

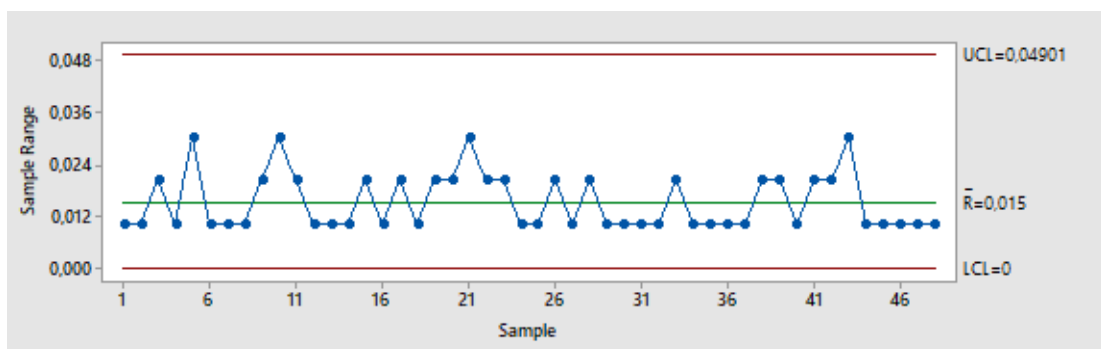
Ověření nezávislosti dat bylo provedeno pomocí autokorelační funkce. Z níže uvedeného grafu je patrné, že naměřené hodnoty leží uvnitř intervalu spolehlivosti. Naměřená data jsou tedy nezávislá a vhodná pro tvorbu regulačního diagramu.



Obrázek 20 – Graf nezávislosti dat (vlastní zpracování v programu Minitab)

5.2.4 Konstrukce regulačního diagramu pro výběrové rozpětí (\bar{R})

Z naměřených dat byl zkonstruován regulační diagram.



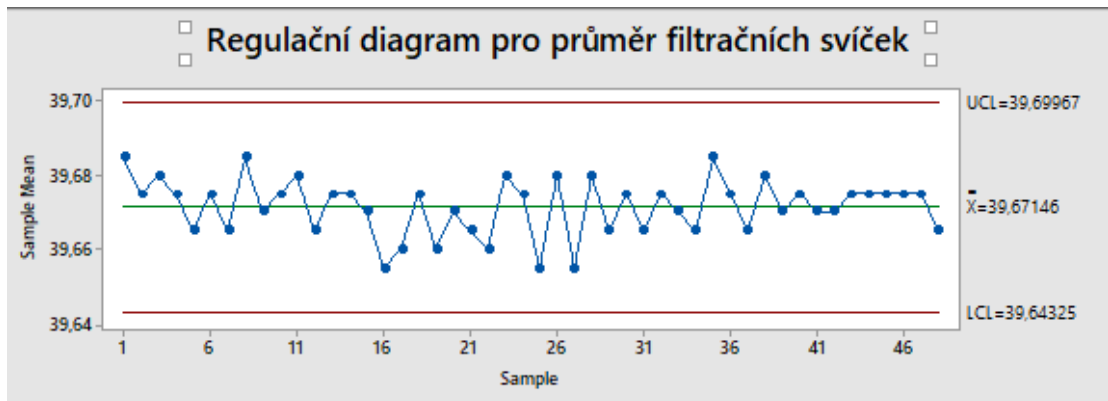
Obrázek 21 – Regulační diagram pro výběrové rozpětí (vlastní zpracování v programu Minitab)

Z obrázku 25 je zjevné, že se všechny naměřené hodnoty z výběrových rozpětí jednotlivých podskupin nachází mezi regulačními mezemi. Většina hodnot se pohybuje kolem centrální přímk. V procesu se tedy neprojeví žádné významné problémy. Tento fakt nám ukazuje, že proces je z hlediska výběrového rozpětí stabilní.

Můžeme si však povšimnout, že většina skupin se nachází pod centrální linií CL, tedy pod průměrem R . Může to signalizovat novost ve smyslu zavádění měření a nezkušenost

operátora. Body se však nacházejí v regulačních mezích a můžeme tedy přistoupit ke konstrukci diagramu pro výběrové průměry (\bar{x}).

5.2.5 Konstrukce regulačního diagramu pro výběrové průměry (\bar{x})

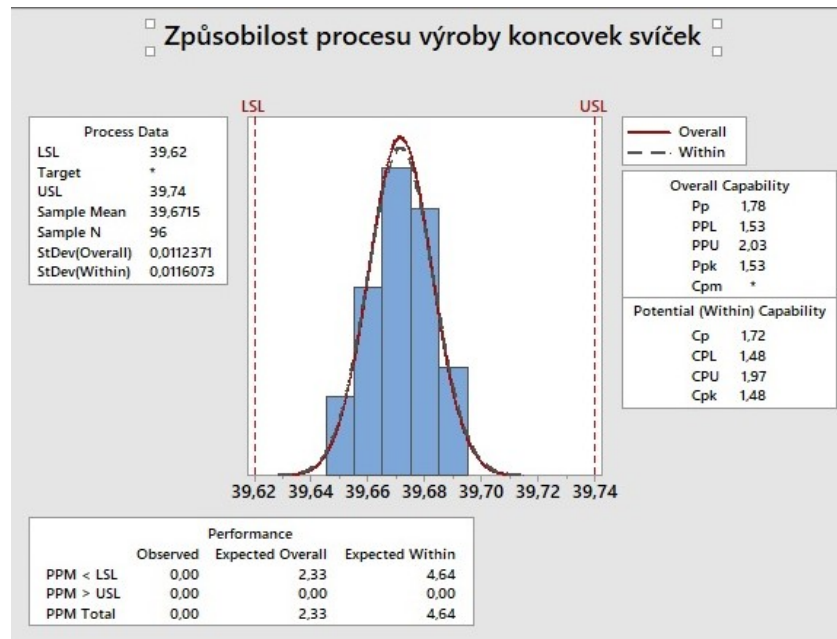


Obrázek 22 – Regulační diagram pro výběrové průměry (vlastní zpracování v programu Minitab)

Graf pro výběrové průměry ukazuje, že všechny výběrové body leží v regulačních mezích. Z tohoto pohledu je proces statisticky zvládnutý a je možné ověřit jeho způsobilost pomocí indexů C_p a C_{pk} .

5.2.6 Vyhodnocení způsobilosti procesu pro zavedení jeho statistické regulace

Pro ověření způsobilosti procesu využijeme indexy C_p a C_{pk} . Index C_{pm} pro tento případ nebudeme uvažovat, protože pro proces nebyla stanovena cílová hodnota. Budeme vyhodnocovat schopnost procesu dosahovat cílové hodnoty průměru a míru variability cílové hodnoty. Minimální procesní způsobilost pro proces byla stanovena na hodnotu $> 1,33$.



Obrázek 23 – Analýza způsobilosti procesu výroby koncovek svíček (vlastní zpracování v programu Minitab)

Index způsobilosti C_p

Index způsobilosti C_p dosahující hodnoty 1,72 je vyšší než minimální požadovaná hranice 1,33. Sledovaný znak kvality leží v tolerančních mezích a proces je tak považován za způsobilý produkovat výstupy v daných tolerančních mezích.

Index způsobilosti C_{pk}

Pro index způsobilosti C_{pk} platí, že je jeho vypočtená hodnota 1,48 vyšší než stanovená hodnota 1,33. Jelikož index C_{pk} zohledňuje jak variabilitu sledovaného znaku, tak jeho polohu vůči předepsaným tolerančním mezím, můžeme s jistotou říci, že je sledovaný proces skutečně schopný dodržovat předepsané toleranční meze. Je tedy považován za způsobilý.

5.2.7 Vyhodnocení výsledků demonstrace zavedení SPC

Pomocí demonstrace zavedení SPC v procesu výroby koncovek bylo zjištěno, že je proces výroby statisticky významný a způsobilý. Statistická regulace tohoto procesu může být ve společnosti zavedena.

6 NÁVRHY PRO ZLEPŠENÍ PROCESU

6.1 Návrh na zřízení stanice pro automatický sběr dat

Pomocí regulačního diagramu pro výběrové rozpětí jsme identifikovali, že se většina naměřených skupin průměrů nachází pod centrální linií CL. Toto může být způsobeno nesprávným měřením operátora. Dříve než přistoupíme k samotné regulaci procesu bude navrženo, aby byly zajištěny co nejpřesnější a bezchybné výsledky měření.

6.1.1 Měřicí stanice pro automatický sběr dat

Měřicí stanice pro automatický sběr dat by měla splňovat požadavky na měření součástek ve společnosti. Nejčastěji se provádí měření délek, vnitřních a vnějších průměrů a závitů. Měřidla by měla splňovat přesnost 0,01 mm. Požadovaná měřidla jsou mikrometr a posuvné měřidlo s digitálním výstupem.

Měřicí stanice se bude skládat ze stolu s upínacími prvky, židle, odpovídajících měřidel s možností odesílání naměřených dat přímo do softwaru SPC, počítače a odpovídajícího softwaru.

Pro práci a zacházení s měřidly na měřicí stanici bude vypracován vnitřní předpis a každý pracovník bude proškolen.

Vyčíslení předpokládaných nákladů na nové pracoviště

Tabulka 2 – Předpokládané náklady na nové pracoviště (vlastní zpracování v programu MS Excel)

Posuvné měřidlo s digitálním výstupem (0 – 150 mm)	8 000,- Kč
Sada mikrometrů s digitálním výstupem (0 – 50 mm)	15 000,- Kč
SPC software + školení	62 000,- Kč
PC	25 000,- Kč
Dílenský pracovní stůl	10 000,- Kč
Dílenská pracovní židle	4 000,- Kč
Celkové předpokládané náklady	124 000,- Kč

6.1.2 Software pro zpracování dat procesních dat

Pro statistickou regulaci dat je k dispozici velké množství softwarů, pomocí kterých můžeme měření zpracovávat. Lze využít placené varianty jako jsou např.: Minitab, QC Expert nebo JMP. Pořizovací náklady však nejsou nejmenší. Ceny se standardně pohybují kolem 50 000,- Kč za software pro jednu pracovní stanici. Dále je potřeba zajistit odpovídající školení pro pracovníka, které se pohybuje kolem 10 000,- Kč. Pokud by však společnost využila možnosti open source softwarů, mezi které patří např. R nebo Python, tyto náklady by ušetřila.

Open source softwary využívají speciální programovací jazyky (R a Python). Internet obsahuje velké množství bezplatných online kurzů, pomocí kterých se může odpovědný zaměstnanec se softwarem naučit pracovat.

Úspora nákladů by tak mohla dosáhnout přibližně 60 000,- Kč při budování měřicí stanice.

6.2 Výroba součástek v kooperaci

Dočasnou možností, jak zajistit odpovídající kvalitu vyrobených polotovarů, je využít kooperace (outsourcingu) některé ze společností, které nabízí služby obrábění. Touto možností je společnost Bílek Filtry s. r. o. schopna přenést riziko spojené s výrobou na externího dodavatele, dokud nezajistí odpovídající strojové vybavení.

Náklady společnosti na výrobu součástky jsou v tuto chvíli stanoveny na 263,- Kč/ ks. Při výrobě 2 000 ks ročně jsou celkové náklady 526 000,- Kč.

Nejnižší nabízená cena za 2 000 ks byla stanovena na 241,- Kč/ks, což při celkové výši nákladů 482 000,- Kč znamená úsporu 44 000,- Kč ročně.

6.3 Nákup CNC obráběcího centra

Konvenční obráběcí stroje jsou zastaralé a jejich seřízení, případně generální opravy jsou příliš nákladné. Generální oprava současného soustruhu TOS SU 40/1500 byla servisní firmou vyčíslena na 650 000,- Kč. Na zařízeních jsou v tuto chvíli vůle, které musí obsluha složitě dopočítávat, aby nedocházelo k odchýlkám.

Více než nákup nového konvenčního stroje je uvažovaný nákup CNC obráběcího centra. To by mohlo vyřešit problém s přesností průměrů ihned. Mohla by se také pokrýt výroba součástek, které je v tuto chvíli společnost nucena vyrábět v kooperaci. Uvažovaný je nákup zařízení pro menší série výrobků.

Projekt nákupu CNC obráběcího centra musí splňovat požadavky zakázkové výroby, kdy se většina součástí vyrábí v malých sériích. Bude také zpracován návrh využití strojů pro externí zákazníky v rámci kooperací, aby došlo k maximálnímu vytížení stroje.

Hlavním rozhodovacím faktorem pro zařízení bude jeho cena a možnosti využití. Použité CNC centra se pohybují v cenách přibližně 500 000,- Kč. V případě nových zařízení se cena pohybuje kolem 2 000 000,- Kč. Společnost se bude rozhodovat, zda pořídit nový stroj s podporou dotačních titulů, případně zda pořídit použitý stroj.

Musí také vyřešit problém s obsluhou takových zařízení. Současná obsluha nemá s CNC stroji zkušenosti a bude muset být přeškolená. Rekvalifikační kurz v rozsahu 200 h. se pohybuje v nákladech kolem 50 000,- Kč.

Dále bude potřeba zaměstnat dalšího pracovníka, který bude splňovat požadované nároky. Musíme také uvažovat současnou situaci na trhu práce, kdy je nedostatek kvalifikovaných pracovníků, a to zejména ve strojírenství.

Návratnost investice do CNC se odvíjí od případného využití stroje pro potřeby společnosti a možnosti nabízet kooperační služby. Společnost nevyužije výrobní kapacitu zařízení v současných podmínkách v plné výši.

6.4 Návrhy k možnosti rychlého zavedení z pohledu jednoduchosti a ekonomických možností

Bude navrženo vytvoření plánu údržby současného strojového vybavení, vypracování složky detailních technologických postupů pomocí navrhovaných vývojových diagramů a se seznamem vhodných nástrojů k jednotlivým operacím, zpracování layoutu osvětlení pracoviště a pravidelné kalibrování měřidel.

7 NÁVRH PRO DALŠÍ ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ VE SPOLEČNOSTI

Charakter zakázkové výroby společnosti a její neustálý akcent na zákaznické požadavky, tedy přizpůsobování se jeho přáním, přináší velký prostor pro zlepšování jednotlivých procesů.

Kromě obrábění nacházíme také další marginální procesy, které jsou stěžejní. Jedná se např. o svařování. Velký prostor také zaujímá proces technické přípravy výroby, který má na výrobu primární vliv.

7.1.1 Svařování

Svařování je ve své podstatě druhým nejvíce sledovaným procesem. Sleduje se kvalita svárů. A to v oblasti jejich provedení, estetiky a hladkosti – to vše kvůli požadavkům potravinářského průmyslu. Toto má na starost kompetentní svářečský dozor, který provádí pravidelné inspekce svárů.

Dále jsou prováděny rentgenové zkoušky a tlakové zkoušky u tlakových nádob. Ty kladou vysoké nároky na bezpečnost. Každá taková nádoba má vypracovaný certifikát shody s ohledem na provedená přezkoumání, kde notifikovaná osoba osvědčuje shodu se směrnicí Evropského parlamentu. Součástí tohoto certifikátu je passport nádoby, který obsahuje informace o parametrech, pojistných ventilech, základních armaturách, protokoly o měření těles, výkresy a jiné. Jedná se jinými slovy o rodokmen nádoby. Vystavuje jej Strojírenský zkušební ústav.

Z výše uvedených důvodů by mohla být metoda SPC aplikována i zde. Kvalita svárů je nestálá. Důvodem je opravdu „ruční“ práce a šikovnost daného pracovníka. Dnešní doba je velmi těžká z pohledu hledání odpovídající kvalifikované pracovní síly. Pracovníci se často mění, mají nepřehledné množství možností, kde mohou pracovat. Významnou roli hraje také finanční odměna. Proto společnost často zaměstnává i méně kvalifikované pracovníky, u kterých je nutné velmi intenzivní a dlouhé zaškolení a u kterých nejsou zpočátku odpovídající výsledky.

Je proto nutné, aby byla kvalita svarů sledována a aby byla společnost schopna včas reagovat na případné odchylky.

Metodu SPC by mohla být aplikována zejména na potrubní propojení. Sváry na potrubí mají významný vliv na celkovou kvalitu konečného zařízení. Sledovat by se mohl základní znak, a to propadení svárů a hloubka průvaru. Samotný průvar má vliv na sanitovatelnost zařízení (zejména v potravinářství), kdy příliš vysoký průvar zužuje potrubí a může způsobit kapsu, kde se může držet kapalina, a tedy i nechtěná mikrobiologie.

Propadení sváru může ovlivnit pevnost - sílu stěny. Na průvar má vliv zejména ruka svářeče a technologický postup. Ovlivňuje ho vysoký proud svářečky, rychlost svařování, přetlak, resp. nízký tlak inertního (ochranného) plynu a samozřejmě šikovnost svářeče.

SPC bude mít tedy za úkol měření míry propadení sváru. Propadlý svár vytvoří v místě spoje jamku a materiál, který nezůstal nahoře se přesune dovnitř potrubí – tím vytvoří zmiňovanou překážku pro hladký průchod kapaliny příp. chemie a můžou se vytvářet nesanitovatelné kapsy, což je v potravinářství nežádoucí.

Poté je nutné svár upravit např. broušením nebo v horším případě dělením a opětovným svařením. Proto by měla být nastavena únosná míra přesahu sváru na povrchu a míra přesahu sváru uvnitř potrubí.

S výsledkem měření SPC můžou souviset také další kroky ve změnách výrobní technologie. Měřením by se mohli získat podklady např. pro nákup orbitální svářečky – poloautomatické svařování, které bude zajišťovat stejné provedení svárů potrubí. Musela by se také změnit konstrukce strojů, protože uvažovaná orbitální svářečka má svařovací hlavu, která není schopna svařit všechny sváry – musela by se tak prodloužit např. kolena potrubí nebo začít používat prodloužené klapky apod. Zařízení nebude tolik kompaktní.

Současně může být navržena např. i změna technologie výroby. Zařazení přípraváře, který bude např. chystat potrubní spoje pro všechna pracoviště. Předpokladem je ale vyšší produkce společnosti a procesní stabilita.

7.1.2 Technická příprava výroby a systém řízení kvality

Společnost nemá zaveden žádný systém řízení kvality (ISO). Zákazníci společnosti jej prozatím nevyžadují. Nicméně systém řízení kvality není důležitý jen kvůli certifikaci, ale pro správné procesní řízení celé organizace. Zakázková výroba v takových podmínkách nemá stanovená pravidla, normy a postupy pro jednotlivé procesy, což má vliv na výslednou kvalitu a efektivitu, a tedy i náklady.

Podnikové řízení by mělo garantovat spokojenost a loajalitu zákazníků co nejlépe. Bude tak schopna minimalizovat výdaje, rozvíjet se a neustále se zlepšovat. Bude moci zajistit zákazníkovi požadované záruky a požadavky na kvalitu mnohem jednodušeji.

Společnost by se měla více zaměřovat na vedení a zapojení pracovníků, ale také na procesní přístup. Pro implementaci principů systému řízení kvality prozatím chybí personální kapacita.

ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval možností zavedení statistické regulace procesu výroby koncovek filtračních svíček.

Nejdříve byla provedena analýza procesu výroby samotné filtrační svíčky. Ta je považována za stěžejní součást zařízení, bez jejíž správné funkce nebude dosahovat požadovaných výsledků.

Byl popsán celý proces výroby od nákupu polotovarů až po samotnou kompletaci součástky. Na základě konzultace s výrobním oddělením společnosti byl stanoven kritický proces, který může silně ovlivňovat kvalitu konečného produktu. Tím byla zvolena výroba závitových koncovek filtračních svíček, pomocí kterých jsou svíčky upínány do nosné příruby.

Společnost musí zajistit přesnost výroby součástky v jejím největším průměru, protože jen tak zajistí samotné bezproblémové upnutí a současně zajistí výslednou požadovanou souosost filtračních svíček v tělese filtru.

Na základě brainstormingu s výrobním týmem byl vytvořen diagram příčin a následků, ve kterém byly identifikovány hlavní vlivy na průměr koncovky. Bylo zjištěno, že nejvýznamnější vliv mají lidský faktor, metody a strojové vybavení společnosti.

Poté byly vytvořeny vývojové diagramy procesu výroby koncovky, do kterých bylo navrženo také sběrné místo pro SPC.

Pomocí navrženého kontrolního formuláře operátor nasbíral naměřená data, která sloužila pro ověření podmínek zavedení statistické regulace. Ověření probíhalo ve fázích testování normality, nezávislosti dat, homoskedasticity, konstrukcí regulačních diagramů a vyhodnocením způsobilosti prostřednictvím indexů C_p a C_{pk} .

Histogramem a Ryan – Joinerovým testem normality bylo zjištěno, že výběrový soubor dosahuje normálního rozdělení. Autokorelační funkce ověřila nezávislost dat a Bartlettův test ověřil homogenitu rozptylů. Tím byly splněny podmínky pro tvorbu regulačních diagramů.

Konstrukcí regulačních diagramů bylo zjištěno, že všechny výběrové body souboru leží uvnitř regulačních mezí a soubor je tak statisticky zvládnutý. Vyhodnocením indexů způsobilosti byl proces označen jako způsobilý a uznán jako vhodný pro implementaci statistické regulace.

Proces výroby koncovek filtračních svíček může být dále zlepšován. Jedním z návrhů je změnit postup měření, kde by společnost měla omezit selhání lidského faktoru na minimum. Nejdříve je potřeba stanovit přesný technologický postup měření pro měřiče. Současně je potřeba omezit chyby měřiče nejlépe zřízením měřicího místa s elektronickým měřidlem a propojením s počítačem, abychom mohli data přímo zaznamenávat a analyzovat.

Přesnost výroby koncovek lze dále zlepšit nákupem nového stroje, nejlépe CNC. Současný strojový park je již zastaralý. Nový stroj zefektivní výrobu nejen koncovek, ale také dalších výrobků. Současně může sloužit ke zvyšování produkce firmy a ke kooperační činnosti z hlediska vytížení. Vzhledem k náročnosti takové investice musí být vypracována detailní projektová dokumentace, kde budou zhodnoceny všechny výhody a nevýhody nákupu.

K okamžitému opatření je možno zavést např. plán údržby zařízení, pravidelné kalibrace měřidel, složky detailních technologických postupů a jiné.

SPC lze také zavést do ostatních výrobních procesů firmy. Jedním ze stěžejních je svařování, kde je kladen velký důraz na provedení a kvalitu svarů. Zavedení v této oblasti však znamená hlubší analýzu procesu a zhodnocení možností měření. Veškeré svařování probíhá ručně a je tak silně ovlivněno lidským faktorem. Prozatím je svařování sledováno vizuálně a kvalita ověřována tlakovými zkouškami a rentgenem.

Hlubším vhladem do výroby bylo také zjištěno, že je ve společnosti nutné více dbát na standardizování procesů a oblast řízení kvality. Vlivem zakázkové výroby a rychlostí zpracování je potřeba zajistit potřebnou dokumentaci a formu efektivní komunikace mezi obchodním oddělením, TPV a výrobou.

Výše uvedená témata mohou být vhodná pro další zpracování formou diplomové práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018. ISBN 9788072615612.
- [2] TOŠENOVSKÝ, Josef. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-7225-040-x.
- [3] JAROŠOVÁ, Eva a Darja NOSKIEVIČOVÁ. *Pokročilejší metody statistické regulace procesu*. Praha: Grada Publishing, 2015. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5355-3.
- [4] MONTGOMERY, Douglas C. *Introduction to statistical quality control. 6th ed.* Hoboken, N.J.: Wiley, c2009. ISBN 978-0-470-16992-6.
- [5] *Quality management principles* [online]. [cit. 2019-03-11]. ISBN 978-92-67-10650-2. Dostupné z: www.iso.org
- [6] NENADÁL, Jaroslav. *Systémy managementu kvality: co, proč a jak měřit?* Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-426-4.
- [7] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [8] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [9] OAKLAND, John S. *Statistical process control. 5th ed.* Boston: Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 0750657669.
- [10] VEBER, Jaromír. *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele. 2., aktualiz. vyd.* Praha: Grada, 2007. Manažer. ISBN 9788024717821.
- [11] PLURA, Jiří. *Analýza způsobilosti procesů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3719-2
- [12] KOVÁŘÍK, Martin a Petr KLÍMEK. *Využití matematicko-statistických metod v řízení kvality*. Žilina: Georg, 2011. ISBN 978-80-89401-54-3.
- [13] Interní materiály společnosti Bílek Filtry s. r. o.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SPC	Statistical Proces Control (Statistická regulace procesu)
CL	Central line (centrální linie regulačního diagramu)
UCL	Upper Control Line (Horní kontrolní mez regulačního diagramu)
LCL	Lower Control Line (Horní kontrolní mez regulačního diagramu)
LSL	Dolní toleranční mez
USL	Horní toleranční mez
FKS	Filtry křemelinové svíčkové
FCW	Filter Cross – flow for Wine (Cross – flow filtr na víno)
FCB	Filter Cross – flow for Beer (Cross – flow filtr na pivo)
FMS	Filtry mikrosvíčkové
CIP	Clean in Place (sanitační stanice)
TPV	Technická příprava výroby
PLC	Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)
CNC	Computer Numerical Control (počítačem řízení stroj)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Proces (vlastní zpracování dle [9, s. 6])	11
Obrázek 2 – Příklad regulačního diagramu [1, s. 131]	14
Obrázek 3 – Rozhodovací strom pro volbu regulačního diagramu [1].....	20
Obrázek 4 – Ishikawův diagram [1, s. 57]	23
Obrázek 5 – Charakteristiky pro stanovení indexu způsobilosti [1, s. 110]	25
Obrázek 6 – Organizační struktura společnosti [13]	27
Obrázek 7 – Křemelinový filtr FKS [13].....	29
Obrázek 8 – Filtrační svíčka [13]	33
Obrázek 9 – Polotovar filtrační svíčky (vlastní zpracování)	34
Obrázek 10 – Záslepka na svíčce (vlastní zpracování).....	34
Obrázek 11 – Navařená koncovka se závitem (vlastní zpracování)	35
Obrázek 12 – Spárová měrka (vlastní zpracování)	36
Obrázek 13 – Diagram příčin a následků vlivu na průměr svíčky (vlastní zpracování)	37
Obrázek 14 – Vývojový diagram vrtání a stočení na základní průměr (vlastní zpracování v programu Diagram Designer)	41
Obrázek 15 – Vývojový diagram řezání závitu (vlastní zpracování v programu Diagram Designer)	42
Obrázek 16 – Vývojový diagram frézování drážky (vlastní zpracování v programu Diagram Designer)	43
Obrázek 17 – Histogram naměřených hodnot (vlastní zpracování v programu Minitab)	44
Obrázek 18 – Ryan – Joinerův test normality (vlastní zpracování v programu Minitab)	45
Obrázek 19 – Analýza rozptylu pomocí Bartlettova testu (vlastní zpracování v programu Minitab)	45
Obrázek 20 – Graf nezávislosti dat (vlastní zpracování v programu Minitab).....	46
Obrázek 21 – Regulační diagram pro výběrové rozpětí (vlastní zpracování v programu Minitab).....	46
Obrázek 22 – Regulační diagram pro výběrové průměry (vlastní zpracování v programu Minitab)	47

Obrázek 23 – Analýza způsobilosti procesu výroby koncovek svíček (vlastní zpracování v programu Minitab).....48

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Kontrolní formulář pro sběr dat (vlastní zpracování v programu MS Excel)	38
Tabulka 2 – Předpokládané náklady na nové pracoviště (vlastní zpracování v programu MS Excel)	49