

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu,
logistiky a kvality

Způsobilost vybraných výrobních procesů ve společnosti Antolin Liban s. r. o.

Bakalářská práce

Adam PÍRI

Vedoucí práce: doc. Ing. Eva Jarošová, CSc.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Zpracovatel: **Adam Píri**
- Studijní program: **Ekonomika a management**
- Obor: **Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality**
- Název tématu: **Způsobilost vybraných výrobních procesů ve společnosti Antolin Liban s.r.o.**
- Cíl: **Cílem práce je implementace metod statistické regulace u vybraných procesů, analýza jejich způsobilosti a návrh opatření pro zlepšení kvality.**
- Rámcový obsah:
1. Diagramy pro regulaci měřením
 2. Popis hodnocených výrobních procesů
 3. Metody analýzy způsobilosti procesu
- Rozsah práce: **25 – 30 stran**
- Seznam odborné literatury:
1. JAROŠOVÁ, E. – NOSKIEVIČOVÁ, D. *Pokročilejší metody statistické regulace procesu*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2015. ISBN 978-80-247-5355-3.
 2. MONTGOMERY, D C. *Statistical quality control.: A modern introduction*. 6. vyd. Hoboken: John Wiley and Sons, 2009. ISBN 978-0-470-23397-9.
 3. NENADÁL, J. *Systémy managementu kvality: co, proč a jak měřit?*. 1. vyd. Management Press, 2016. 302 s. ISBN 978-80-7261-426-4.

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne

Děkuji doc. Ing. Evě Jarošové, CSc. za odborné vedení mé závěrečné práce, věcné připomínky a poskytování cenných rad při vypracování.

Obsah

Úvod	8
1 Metody managementu kvality	9
1.1 PDCA cyklus	9
1.2 Metodologie Six Sigma.....	10
1.3 Sedm základních nástrojů managementu jakosti	10
1.3.1 Kontrolní tabulky a záznamníky	11
1.3.2 Histogram	11
1.3.3 Paretův diagram	11
1.3.4 Ishikawův diagram	13
1.3.5 Bodový diagram.....	14
1.3.6 Vývojový diagram	14
1.3.7 Regulační diagram.....	14
2 Statistická regulace procesu (SPC)	15
2.1 Historie SPC.....	15
2.2 Základní nástroj SPC - Regulační diagram	16
2.3 Regulace měřením	16
2.4 Testy zvláštních seskupení v regulačním diagramu	18
2.4.1 Vlastnosti regulačního diagramu.....	19
3 Analýza způsobilosti procesu.....	20
3.1 Ukazatele způsobilosti pro normální rozdělení	20
3.2 Odhad ukazatelů způsobilosti	21
3.3 Ověření normality	22
4 Zaměření společnosti Antolin Liban s. r. o.	24
4.1 Technologie výroby komponentů vstřikováním plastů	24
4.2 Technologie výroby komponentů svařováním plastů	25
5 Analýza způsobilosti vybraných výrobních procesů	26
5.1 Proces výroby nosníku přístrojové desky	26
5.1.1 Počáteční stav procesu	27
5.1.2 Implementace prvního opatření ke zlepšení stability procesu.	30
5.1.3 Způsobilost po změně výrobního zařízení	33
5.2 Proces svařování výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky	37
5.2.1 Počáteční stav procesu	38

5.2.2 Změna frekvence sledování.....	41
Závěr	46
Seznam literatury	47
Seznam obrázků a tabulek.....	48
Seznam příloh	49

Seznam použitých zkratk a symbolů

CAD	Computer aided design (Počítačem podporované navrhování)
CL	Centrální přímka
ČSN	České technické normy
LCL	Dolní regulační mez
LSL	Dolní toleranční mez
SPC	Statistická regulace procesu
UCL	Horní regulační mez
USL	Horní toleranční mez

Úvod

Řízení a zlepšování kvality je pro společnosti důležitou strategií pro získání konkurenční výhody v oblasti trhu. Stabilizací požadovaného znaku výrobku se zabývá statistická regulace procesu, která je tématem řízením kvality posledního století, avšak touto problematikou se lidé zabývali již před naším letopočtem. Za počátek novodobé regulace procesu se považuje vznik prvního regulačního diagramu ve 20. letech minulého století, který navrhl americký fyzik a statistik Walter Andrew Shewhart. Dnes se tento nástroj spolu s dalšími základními nástroji řízení kvality využívá k regulaci inherentních charakteristik výstupů z procesu.

Cílem této práce je hodnocení způsobilosti vybraných výrobních procesů ve společnosti Antolin Liban s. r. o. Regulace výrobních procesů je úkolem oddělení závodové kvality této společnosti a provádí se využitím regulačního diagramu, statistických testů a výpočtem ukazatelů způsobilosti. Vybrané výrobní procesy vyrábějí komponenty využitím technologií vstřikování a svařování plastů. Práce je členěna do pěti kapitol, přičemž první kapitola se věnuje významu a průběhu statistické regulace procesu. Druhá kapitola popisuje základní nástroje v managementu jakosti a jejich využití. Obsahem třetí kapitoly je postup analýzy způsobilosti procesu a její hodnocení. Další kapitola představuje společnost Antolin Liban s. r. o. a popisuje technologie výroby. Poslední kapitola popisuje využití regulačních diagramů při regulaci v prostředí výroby plastových komponentů pro automobilový průmysl. Analýza spočívá v konstrukci regulačních diagramů z naměřených hodnot ve výrobním procesu. Posouzením průběhu bodů v diagramu se zhodnotí stabilita procesů a statistickými testy ověří normalita dat. V případě nestability procesu je provedeno opatření ke zlepšení, jehož přínos je následně zhodnocen za pomoci výpočtu ukazatelů způsobilosti.

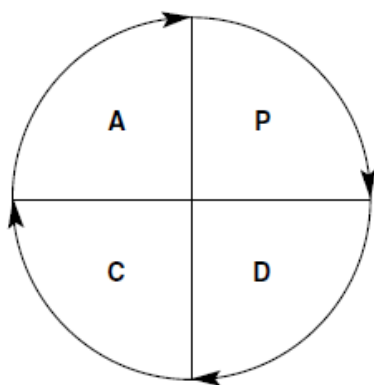
Kvalita výrobků ve společnosti Antolin Liban s. r. o. je udržována a zlepšována systémem managementu kvality, který rozděluje oddělení závodové kvality na zajištění předvýrobní kvality, výrobní kvality a zajištění komunikace se zákazníkem.

1 Metody managementu kvality

„Neustálé zlepšování je jedním ze základních předpokladů úspěšnosti organizací“ (Nenadál, 2008). K zlepšování kvality se využívá několik metod, postupů a nástrojů. První z metod má název PDCA cyklus, přičemž počáteční písmena jsou zkratkami jednotlivých fází (Plan – Do – Check – Act). Cyklus, který se neustále opakuje a znázorňuje kroky neustálého zlepšování v oblasti řízení kvality, je složen ze čtyř fází, ve kterých dochází ke zlepšování kvality, či provádění změn. Pro cyklus provádění činností vedoucích ke zlepšení se používá zkratka ze slov z anglického jazyka, DMAIC (D – Define, M – Measure, A – Analyse, I – Improve, C – Check).

K jednotlivým fázím tohoto cyklu jsou přiřazeny vhodné nástroje managementu kvality.

1.1 PDCA cyklus



Plan	(Plánuj)	vypracování plánu aktivit zlepšování
Do	(Vykonej)	realizace plánovaných činností (obvykle v menším měřítku)
Check	(Zkontroluj)	monitorování a analýza dosažených výsledků (včetně porovnání s očekávanými výsledky)
Act	(Reaguj)	reakce na dosažené výsledky a provedení vhodné úpravy procesu

Zdroj: (Nenadál, 2008, s. 233)

Obr. 1 Fáze cyklu PDCA

1. Fáze plánování (Plan)

V první fázi se po nalezení možností ke zlepšení připravují plány preventivních a nápravných opatření.

2. Fáze realizace (Do)

V druhé fázi dochází k implementaci naplánovaných opatření ke zlepšení.

3. Fáze kontroly (Check)

Další fáze spočívá v měření a analýze výsledků, které implementace opatření přinesla. Dosažené výsledky se porovnají s očekávaným cílem.

4. Fáze konání (Act)

V poslední fázi cyklu přichází na řadu zhodnocení celého procesu zlepšení. Při dosažení plánovaných cílů se tato vykonaná opatření standardizují, avšak při jejich nedosažení se cyklus vrátí do své první fáze a hledají se jiné cesty ke zlepšení procesu.

1.2 Metodologie Six Sigma

Tato metodologie vznikla ve společnosti Motorola v 80. letech minulého století. Odstraněním příčin chyb, které vytvářejí neshodnou produkci, je zlepšována kvalita výrobních, či nevýrobních procesů. Předpokladem je implementace systému řízení, který slouží pro identifikaci chyb a navrhuje možnosti jejich odstranění. Termín sigma souvisí s variabilitou procesu vyjádřenou pomocí směrodatné odchylky σ .

1.3 Sedm základních nástrojů managementu jakosti

Základní nástroje managementu jakosti jsou tvořeny statistickými a grafickými metodami, jejichž použití je základním předpokladem pro zlepšování procesů i v metodologii Six Sigma. Využívá se uspořádaný postup řešení problémů DMAIC. V první fázi postupu DMAIC, definice (D), jsou upřesněny požadavky zákazníka na výstup z procesu a očekávaný přínos zlepšení. V druhé fázi dochází k měření (M) a zhodnocení současného stavu výkonnosti procesů a identifikaci chyb. Další fáze, analýza (A), přináší analýzu celého procesu pro stanovení kořenové příčiny nízké výkonnosti procesu a zjištěných chyb. Ve fázi zlepšování (I) se navrhuje, připravuje a realizuje opatření ke zlepšení výkonnosti procesu. Cílem poslední fáze cyklu (C), je udržet nastavená opatření a dosažení nového stupně výkonnosti. (Nenadál, 2008) Základní nástroje managementu jakosti tvoří skupinu sedmi nástrojů, (kontrolní tabulka, histogram, vývojový diagram, Paretův diagram, bodový diagram, diagram rybí kosti (Ishikawův diagram) a regulační diagram). Nástroje managementu kvality jsou v jednotlivých fázích cyklu DMAIC rozděleny dle efektivity jejich využití:

- 1) Definování (D) – pro tuto fázi není vhodný žádný ze základních nástrojů
- 2) Měření (M) – kontrolní tabulky, Paretův diagram, Ishikawův diagram, vývojový diagram, regulační diagram
- 3) Analýza (A) – Paretův diagram, Ishikawův diagram, bodový diagram,

- 4) Zlepšování (I) – kontrolní tabulky, Paretův diagram, Ishikawův diagram, vývojový diagram, regulační diagram
- 5) Kontrola (C) – kontrolní tabulky, Paretův diagram, bodový diagram, histogram, regulační diagram

První nástroje řízení jakosti, které představili W. A. Shewhart a E. Deming, využívaly japonské výrobní závody od 50. let 20. století (Militký, 2015). Řízení jakosti bylo v 70. letech 20. století rozšířeno i do oblastí administrativy a služeb.

1.3.1 Kontrolní tabulky a záznamníky

Tento typ nástroje managementu jakosti poskytuje informace a prvotní údaje o jakosti, slouží pro ruční sběr dat o výstupu daného procesu. Pomocí tohoto nástroje lze spočítat četnost výskytu jednotlivých vad, zobrazovat místa výskytu těchto vad a analyzovat soubory měření (Nenadál, 2008). Předpokladem pro tvorbu kontrolních tabulek je třídění provozních dat podle jejich kombinací a zvolených hledisek, např. druhy vad a místo jejich výskytu, technologické parametry výrobku a stroje, druh materiálu, střídání směn, druh výrobní linky, druh využitých měřicích přístrojů.

1.3.2 Histogram

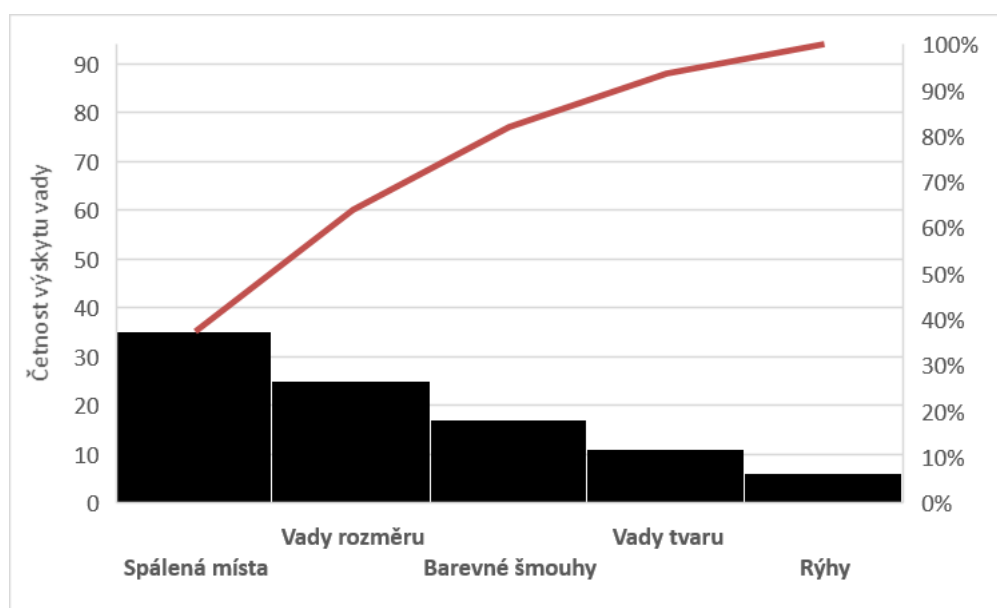
Histogram je typem sloupcového grafu a jeden z nejstarších způsobů vyobrazení tvaru a rozdělení dat. Jeho hlavním parametrem jsou šířky jednotlivých tříd. Správná šířka tříd, která obvykle bývá neměnná, je důležitá pro jeho dobrou vypovídací schopnost (Kupka, 2001). Šířka sloupců jednotlivých tříd vyznačuje šířku daného intervalu a jejich výška vyjadřuje četnost hodnot sledovaného znaku jakosti, například počet výrobků, které mají rozměr v daném intervalu.

1.3.3 Paretův diagram

Diagram je pojmenován podle italského sociologa, politologa a ekonoma Vilfreda Pareta, profesora na univerzitě v Lausanne. V 19. století poukázal Pareto na skutečnost, že 80% bohatství vlastní jen 20% obyvatelstva. Tuto myšlenku převedl americký odborník na jakost J. M. Juran do problematiky řízení jakosti s tím, že osmdesát až devadesát procent potíží s jakostí je způsobeno jen pouze malým procentem příčin jejich vzniku, tedy pěti až dvaceti procenty (Nenadál, 2008).

Tyto příčiny nazval J. M. Juran „životně důležitou menšinou“, na kterou je třeba se při řešení problému hlouběji zaměřit. Problémy, které nastanou v osmdesáti, či devadesáti procentech příčin, nazval J. M. Juran „užitečnou většinou“. Tuto teorii, tzv. Paretův princip, lze využít jako předpoklad při interpretaci Paretova diagramu, který se využívá v mnoha oblastech řízení jakosti, například při analýze podílu neshodné produkce, vyvolaných časových a finančních ztrát, analýze poruch, či pro vyhodnocení stavu před a po implementaci opatření ke zlepšení. Paretovo pravidlo spočívá v rozdělení příčin na „životně důležitou menšinu“ a „užitečnou většinu“, kterým odpovídá stanovená hodnota kumulativního součtu druhů vad. Sestrojením přímky z osy y z bodu kumulativního součtu lze určit průsečík s tzv. Lorenzovou křivkou. Oblast vlevo od tohoto průsečíku vyznačuje příčiny, které lze klasifikovat jako „životně důležitou menšinu“.

Obr. 2 ukazuje četnosti a druhy vyskytovaných vad vstřikovaných dílů vyráběných ve společnosti Antolin Liban s. r. o.



Zdroj: (Antolin Liban s. r. o., 2019)

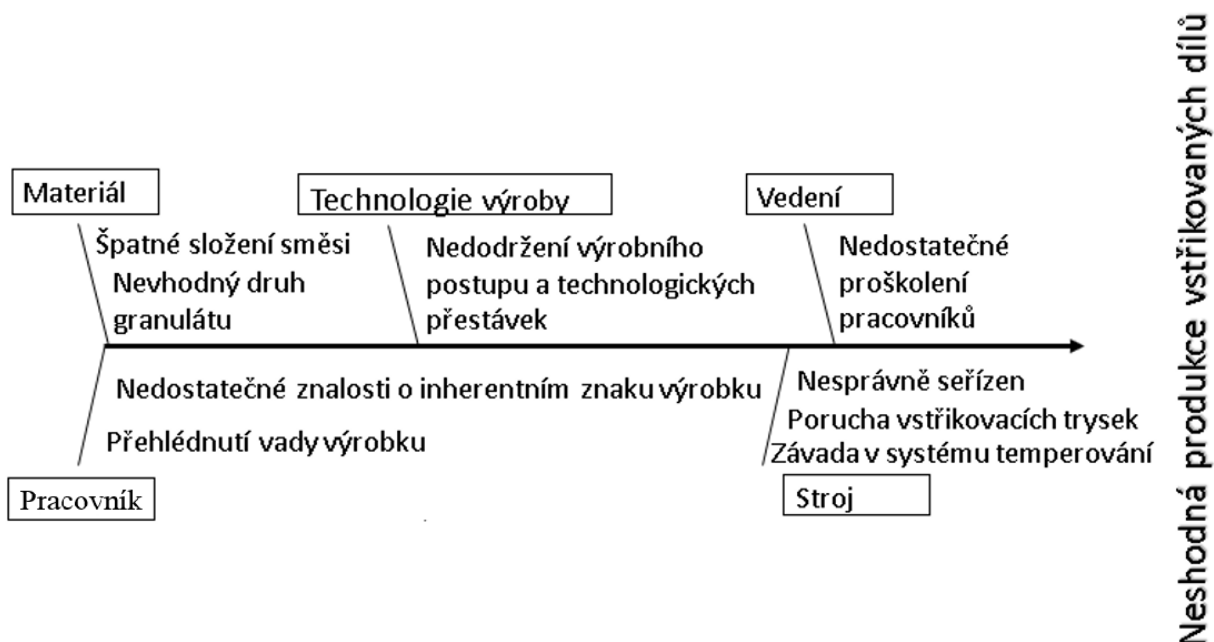
Obr. 2 Paretův diagram - Druhy vad vstřikovaných dílů

1.3.4 Ishikawův diagram

Diagram příčin a následků neboli tzv. diagram rybí kosti je grafickým nástrojem pro rozdělení příčin výskytu vad. Předpokladem pro konstrukci tohoto diagramu je kvalitní týmová práce, jelikož jeho sestavení probíhá formou brainstormingu. I když se Ishikawův diagram vzhledově liší od ostatních nástrojů jakosti, má své uplatnění při řešení jakéhokoliv problému. Konstrukce tohoto diagramu se rozděluje na dvě části, realizace brainstormingu a jeho příprava (Nenadál, 2008).

Účastníci, jejichž počet je doporučen na pět až osm osob, jsou postupně vyzýváni moderátorem, aby se podle svého názoru vyjádřili k analyzovanému problému. Veškeré poznámky účastníků brainstormingu jsou zaznamenány do diagramu a ten je poté vyhodnocen pomocí metody bodového hodnocení.

Tato metoda spočívá v přidělování bodů každého člena k určitým příčinám vzniku problému, které probíhá v několika kolech. Brainstorming je nutné dobře naplánovat, aby plnil svůj účel. Na Obr. 3 jsou vypsány příčiny neshodné produkce vstříkovaných dílů vyráběných ve společnosti Antolin Liban s. r. o.



Zdroj: (Antolin Liban s. r. o., 2019)

Obr. 3 Ishikawův diagram – Příčiny neshodné produkce vstříkovaných dílů

1.3.5 Bodový diagram

V bodovém diagramu je možné zobrazit a zkoumat stochastickou závislost dvou náhodných proměnných. Prokáže-li se stochastická závislost v daném souboru dat, poskytne diagram první informaci o její míře těsnosti a tvaru. V praxi může nastat situace, kdy regulace procesu podle stanoveného znaku jakosti je časově nebo finančně velice náročná, a proto je zapotřebí navrhnout jiný znak kvality, který prokáže stochastickou závislost s prvotně požadovaným znakem. Následuje stanovení regresní funkce, podle které lze odhadnout hodnoty požadovaného znaku jakosti. Zjišťování parametru jakosti lze provést dvěma metodami, které se nazývají destruktivní a nedestruktivní. (Nenadál, 2008).

1.3.6 Vývojový diagram

Tento nástroj je velice univerzální a lze jej využít při tvorbě grafického zobrazení jakéhokoli procesu. Jedná se o orientovaný graf, který má určitý počátek a konec. V grafu se vyobrazují geometrické tvary přiřazené k dané aktivitě, například kosočtverec znázorňuje rozhodovací blok. Vývojové diagramy jsou nezastupitelným nástrojem při znázornění fází určitého procesu. V praxi se často využívají k vysvětlování procesu zákazníkům nebo novým zaměstnancům, odhalování příčin nedostatků, či srovnávání současného a požadovaného stavu.

1.3.7 Regulační diagram

Regulační diagram slouží pro grafické sledování hodnoty znaku výrobku, a tím tento znak udržovat v požadovaném stavu. Využívá se při statistické regulaci procesu. Konstrukce regulačních diagramů bude popsána v následující kapitole.

2 Statistická regulace procesu (SPC)

Cílem statistické regulace procesu (SPC) je zajištění průběhu výrobního procesu, aby znaky výstupu z tohoto procesu plnily požadovaná kritéria kvality. Základním cílem regulace je stabilita a co nejmenší variabilita procesu, a proto je proces nezbytné sledovat, analyzovat nasbíraná data a včas reagovat na případné změny.

2.1 Historie SPC

Nejvýznamnější myšlenky v oblasti řízení výrobního procesu se zrodily ve 20. letech minulého století v severoamerickém výrobním závodě Hawthorne Works. První z těchto myšlenek patřila W. Shewhartovi, který představil jednoduchý kontrolní graf, tedy první regulační diagram, a tím odstartoval vývoj statistické regulace procesu (SPC).

„Jak teoretická, tak aplikovaná věda se postupně zasazují o vyšší a vyšší požadavky na určitost a přesnost.“ Walter Andrew Shewhart (1891 – 1967)

Známý fyzik a statistik, Walter Andrew Shewhart pocházel z města New Canton ve státě Illinois. Po dosažení bakalářského a magisterského stupně vzdělání na univerzitě v Illinois začal studovat na North Carolina State University, se sídlem v Berkeley a získal zde v roce 1917 doktorát v oboru fyzika. Později vyučoval na obou univerzitách, kde studoval a stal se vedoucím katedry fyziky na Wisconsin Normal School v LaCrosse, avšak krátce poté nastoupil do společnosti Western Electric Company jako asistent v oboru zlepšování kvality a hardwaru telefonů, jejichž součástí tato společnost vyráběla. Odběratelem jejich výrobků byla společnost Bell Telephone Company, která se později stala American Telephone and Telegraph Company (AT&T). V roce 1920 publikoval W. Shewhart návody na konstrukci, aplikaci a využití regulačních diagramů v Bell System Technical Journal (Best M., 2006). Studie Shewharta byly úvodem do problematiky řízení jakosti a inspirací pro další následovníky v tomto oboru. Zejména W. E. Deminga, který je označován „studentem“ W. Shewharta, a poté Josepha Juran, který působil v Hawthornských závodech mezi lety 1924 a 1941. Shewhart, Deming a Juran jsou považováni za hlavní průkopníky v problematice zlepšování kvality. V dnešním procesu řízení jakosti jsou využívány zejména dvě Shewhartovy metody zlepšování kvality, regulační diagramy a Plan - Do - Check - Act cyklus (PDCA/PDSA).

2.2 Základní nástroj SPC - Regulační diagram

Prvním krokem k sestavení regulačního diagramu je sběr hodnot vybraných jednotek z daného procesu, který se provádí v pravidelných časových intervalech. Podskupiny se tvoří tak, aby uvnitř nich působily pouze náhodné příčiny kolísání. V každé podskupině se určí hodnota vybrané výběrové charakteristiky, pro kterou je následně regulační diagram konstruován (průměr \bar{x} , směrodatná odchylka s , rozptyl s^2 , medián \tilde{x} , rozpětí R , či podíl neshodných výrobků p) (Jarošová, 2011). Regulační diagram je tvořen centrální přímkou (CL), která znázorňuje střední hodnotu měřeného znaku. Charakteristiky z každé podskupiny jsou zaznamenávány do diagramu a jejich průběh je sledován. Pokud se hodnoty sledované výběrové charakteristiky pohybují v oblasti mezi horní (UCL) a dolní (LCL) regulační mezí, které vymezují pásmo náhodných příčin variability, lze o tomto procesu tvrdit, že je statisticky zvládnutý. Výskyt hodnoty mimo pásmo regulačních mezí představuje signál, jehož příčinu je nutné identifikovat. Proti dalšímu výskytu bodů vně regulačních mezí se vykonávají opatření ke zlepšení, které mohou mít mnoho podob a jsou závislé na druhu daného procesu.

Jsou využívány dva typy těchto diagramů, regulační diagram měřením a regulační diagram srovnáváním. Regulační diagram měřením se využívá ve všech případech, kdy je možné sledovat měřitelný znak kvality.

2.3 Regulace měřením

Tato regulace se provádí s využitím dvou regulačních diagramů. První z nich slouží pro kontrolu polohy střední hodnoty. Druhý diagram slouží pro kontrolu inherentní variability. Využívány jsou tyto páry regulačních diagramů: diagram pro průměr a rozpětí, diagram pro průměr a směrodatnou odchylku a diagram pro individuální hodnoty a klouzavá rozpětí. Regulací měřením lze kontrolovat stabilitu většiny výrobních procesů.

Nejčastěji využívanými jsou diagramy pro průměr a rozpětí, které se využívají při menším rozsahu podskupin. Střední hodnotu procesu μ znázorňuje centrální přímka CL . Polohu centrální přímky určuje celkový průměr a průměrné rozpětí, které se určí podle vzorců.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j \quad (2.1)$$

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_j \quad (2.2)$$

Vzdálenost regulačních mezí LCL (Lower Control Limit) a UCL (Upper Control Limit) od centrální přímky činí trojnásobek směrodatné odchylky průměrů. Úroveň těchto mezí v diagramu pro průměr lze vypočítat pomocí následujících vzorců.

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (2.3)$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (2.4)$$

Regulační meze pro rozpětí se vypočítají dosazením do následujících vzorců.

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (2.5)$$

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad (2.6)$$

Hodnoty součinitelů (A_2 , D_3 a D_4) jsou dány normou ČSN ISO 7870-2. Vzdálenost horní a dolní regulační meze závisí na rozsahu podskupin. Pro podskupiny o rozsahu méně než šest hodnot je koeficient D_3 roven 0. Diagramy pro průměr a rozpětí lze využít při rozsahu podskupin do deseti hodnot.

Při sběru hodnot v podskupinách, které mají větší rozsah, než deset hodnot se většinou využívají diagramy pro průměr a směrodatnou odchylku. Další typ regulačního diagramu pro individuální hodnoty a klouzavá rozpětí se využívá v případech, kdy není možné vytvořit logické podskupiny.

Velikost podskupiny se rovná $n=1$, a proto není možné měřit variabilitu hodnot klasickým způsobem. Výpočet regulačních mezí se provádí pomocí průměrného klouzavého rozpětí \overline{MR} . Dle normy ČSN ISO 7870-2 je klouzavé rozpětí charakterizováno absolutní hodnotou rozdílu dvou po sobě jdoucích hodnot.

Regulační meze v diagramu individuálních hodnot se vypočítají podle vztahu.

$$LCL = \bar{x} - 3\hat{\sigma} \quad (2.7)$$

$$UCL = \bar{x} + 3\hat{\sigma} \quad (2.8)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2} = \frac{\overline{MR}}{1,128} \quad (2.9)$$

Hodnota 1,128 ve vzorci (1.9) odpovídá rozsahu podskupiny $n = 2$.

Regulační meze v diagramu pro klouzavé rozpětí se vypočítají dle následujících vzorců.

$$LCL = D_3 \overline{MR} \quad (2.10)$$

$$UCL = D_4 \overline{MR} \quad (2.11)$$

kde D_3 a D_4 odpovídají koeficientu z normy ČSN ISO 7870-2.

V regulačních diagramech jsou obvykle stanoveny toleranční meze LSL (Lower Specification Limit) a USL (Upper Specification Limit), které jsou dány specifikací. Naměřenou hodnotu lze považovat za shodnou, pokud je její hodnota znaku kvality uvnitř specifických mezí. V případě, kdy jsou předepsány toleranční meze USL a LSL , které jsou od sebe vzdáleny 12σ a střední hodnota procesu (μ) leží uprostřed, jsou tyto meze vzdáleny 6σ (six sigma) od střední hodnoty. Při splnění tohoto předpokladu je pravděpodobnost výskytu hodnoty mimo toleranční meze $0,002 \cdot 10^{-6}$. Tuto situaci lze nazvat cílem zlepšování kvality (Jarošová, 2011).

Průběh bodů v diagramu lze vyhodnotit pomocí testů zvláštních seskupení.

2.4 Testy zvláštních seskupení v regulačním diagramu

Testy seskupení se provádí v souladu s normou ISO ČSN 7870-2. Oblast mezi centrální přímkou a regulační mezí je rozdělena na tři stejně široká pásma označená A, B a C, kde zóna A leží nejdále od CL . V normě je uvedeno osm zvláštních seskupení:

1. Jeden bod leží za zónou A
2. Devět bodů v řadě za sebou leží v zóně C nebo za ní
3. Šest bodů v řadě je plynule stoupajících nebo klesajících
4. Čtrnáct bodů v řadě za sebou pravidelně kolísá nahoru a dolů
5. Dva ze tří bodů v řadě za sebou leží v zóně A nebo nad (pod) ní

6. Čtyři z pěti bodů za sebou leží v zóně B nebo nad (pod) ní
7. Patnáct bodů v řadě za sebou leží v zóně C (nad a pod *CL* přímkou)
8. Osm bodů za sebou leží na obou stranách od *CL* přímky, avšak žádný bod neleží v zóně C

(ČSN ISO 7870-2 Regulační diagramy, 2018)

2.4.1 Vlastnosti regulačního diagramu

V případě nestability procesu je nutné provést zásah, který spočívá v identifikaci zvláštní příčiny kolísání a učinění opatření proti dalšímu působení těchto příčin. Při regulaci procesu mohou nastat chyby dvojího druhu, kterými jsou falešný signál a chybějícího signál. K falešnému signálu dochází v případě, kdy se vyskytne bod mimo regulační meze, avšak ke změně parametrů procesu nedošlo.

V takovém případě jde o náhodné vychýlení zvolené výběrové charakteristiky, kterou nezpůsobuje vymezitelná příčina.

Pravděpodobnost výskytu falešného signálu α je při využití 3σ mezí velice nízká, tímto lze zabránit zbytečnému hledání příčiny a tzv. přeregulování procesu, které vede ke zvýšení celkové variability (Jarošová, 2011).

Změnu polohy procesu je možné poznat z průběhu hodnot v regulačním diagramu. Důležitá je také doba, za kterou diagram změnu odhalí, která se nazývá průměrná délka přeběhu a se značí *ARL* (average run length).

ARL je průměrným počtem bodů, které jsou do diagramu zaznamenány od samotné změny v procesu do výskytu signálu. Závisí na rozsahu odebraných podskupin nebo velikosti změny sledovaného parametru procesu $m\sigma$. Nižší hodnota *ARL* odpovídá dřívějšímu výskytu signálu v diagramu. Při odhalování posunu střední hodnoty je diagram pro individuální hodnoty velice pomalý, a proto je vhodnější sběr dat v podskupinách o rozsahu čtyř, až pěti hodnot.

3 Analýza způsobilosti procesu

Způsobilost procesu je vlastnost procesu produkovat výstupy, které splňují požadovaná kritéria. Analýza způsobilosti se provádí u procesů, u kterých jsou stanoveny toleranční meze měřitelného znaku kvality. K hodnocení způsobilosti procesu se využívají ukazatele způsobilosti a lze ho provádět pouze u statisticky zvládnutých procesů (stabilních). Proces je stabilní, pokud variabilitu jeho výstupů ovlivňují pouze náhodné příčiny a jeho charakteristiky jsou neměnné. Zvláštními příčinami jsou jevy, které nejsou pro daný proces typické, jejich výskyt způsobuje nestabilitu procesu.

3.1 Ukazatele způsobilosti pro normální rozdělení

K hodnocení způsobilosti procesu, který splňuje předpoklad normálního pravděpodobnostního rozdělení dat, jsou nejčastěji využívány tyto ukazatele: C_p , C_{pL} , C_{pU} , C_{pk} , C_{pm} , C_{pmL} , C_{pmU} a C_{pmk} .

„Ukazatele C_p a C_{pk} nebo C_{pm} a C_{pmk} se používají v případě, kdy jsou předepsány obě toleranční meze USL a LSL . Druhá dvojice ukazatelů obsahuje cílovou hodnotu procesu. Ukazatele C_{pL} a C_{pU} nebo C_{pmL} a C_{pmU} se využívají při jediné předepsané toleranční mezi.“ (Jarošová E., 2015)

Ukazatel způsobilosti C_p udává schopnost procesu dodržet mezní hodnoty v podobě přímek USL a LSL . Tento ukazatel také porovnává přípustnou a přirozenou variabilitu procesu. Přípustná variabilita je vymezena šířkou tolerančního pole $USL - LSL$ a přirozená variabilita intervalem délky 6σ .

V intervalu $(\mu - 3\sigma)$ a $(\mu + 3\sigma)$ se nachází vždy 99,73% hodnot.

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

Při využití ukazatelů C_{pU} a C_{pL} dochází oproti ukazateli C_p , také k zohlednění polohy procesu k mezním hodnotám. Hodnota ukazatele C_p je závislá na variabilitě procesu, nižší variabilita hodnot vede k vyšší hodnotě ukazatele C_p . Nastane-li situace, kdy $C_p = 1$, lze vně tolerančních mezí předpokládat 0,27 % hodnot.

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

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

$$C_{pk} = \min(C_{pL}, C_{pU}) \quad (3.4)$$

Horní a dolní ukazatel způsobilosti vyjadřuje vzdálenost střední hodnoty μ od meze USL nebo LSL jako násobek poloviny intervalu přirozeného kolísání.

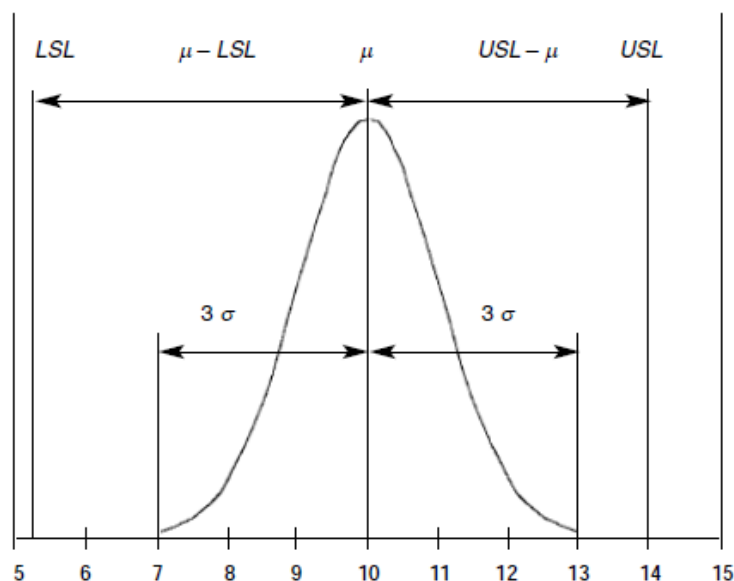
Výsledná hodnota ukazatele C_p se interpretuje takto:

$C_p < 1$ proces není způsobilý

$1 \leq C_p < 1,33$ proces je podmíněně způsobilý

$C_p \geq 1,33$ proces je způsobilý

Obr. 4 ukazuje charakteristiky potřebné pro stanovení indexu C_p .



Zdroj: (Nenadál, 2008, s. 350)

Obr. 4 Charakteristiky potřebné pro stanovení ukazatele způsobilosti C_p

3.2 Odhad ukazatelů způsobilosti

Přesné hodnoty parametrů střední hodnoty μ a směrodatná odchylky σ nejsou většinou známy, a proto je zapotřebí vypočítat jejich odhad. Pro výpočet odhadů ukazatelů způsobilosti jsou využívány hodnoty získané v rámci regulace procesu. Pro odhad střední hodnoty μ lze využít celkový průměr $\bar{\bar{x}}$ (pro individuální hodnoty \bar{x}). Směrodatnou odchylku σ lze odhadnout pomocí vztahu, kde d_2 je součinitel normy ČSN ISO 7870-2, který je závislý na rozsahu podskupin.

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (3.5)$$

Hodnoty odhadů ukazatelů způsobilosti se vypočítají pomocí těchto vzorců.

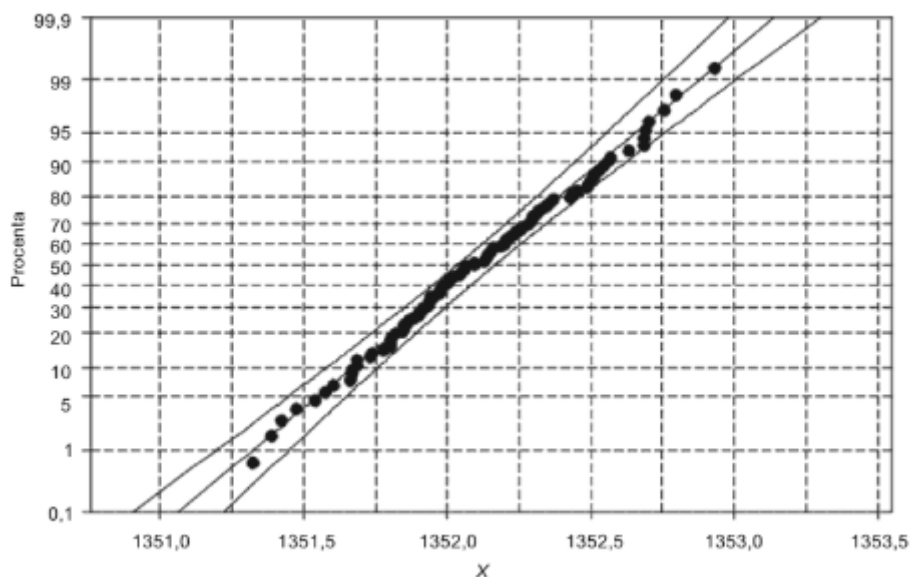
$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}}$$

$$\hat{C}_{pU} = \frac{USL - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}} \quad \hat{C}_{pL} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\hat{\sigma}} \quad (3.6)$$

3.3 Ověření normality

Většina výstupů z analýzy dat je závislá na splnění základních předpokladů. Nemí-li splněn základní předpoklad o normalitě dat, jsou veškeré výsledky z diagramů a statistických testů chybné a poskytují nesprávné výsledky a závěry (Kupka, 2001).

Normální rozdělení je častým předpokladem statistických metod. Pro ověření normality dat se využívají grafické nástroje a testy. K ověření tohoto předpokladu lze využít pravděpodobnostní graf, který lze získat pomocí vhodného počítačového programu, například pomocí programu Statgraphics. Na ose x jsou zobrazeny pozorované hodnoty a na ose y stupnice s hodnotami distribuční funkce odpovídající normálnímu rozdělení (Obr. 5). Vyhodnocení pravděpodobnostního grafu spočívá v posouzení, zda leží hodnoty v přímce. Pokud leží vynesené body v přímce, lze předpoklad normality považovat za splněný.



Zdroj: (Jarošová, 2015, s. 34)

Obr. 5 Pravděpodobnostní graf

K ověření normality lze využít různé testy, například tzv. testy dobré shody. Nulová hypotéza vyjadřuje předpoklad, že data jsou normálního rozdělení, naopak, její zamítnutí na základě p-hodnoty potvrzuje, že tento předpoklad není splněn. Nulová hypotéza se zamítá tehdy, pokud je výsledná p - hodnota nižší než 0,05. V práci bude využit Shapirův – Wilkův test, který je k dispozici v programu Statgraphics.

4 Zaměření společnosti Antolin Liban s. r. o.

Výrobní společnost Antolin Liban s. r. o. sídlí v Libáni u Jičína a vyrábí své produkty i v Lipovce u Kvasin a v Turnově. Společnost byla založena v říjnu roku 2014, avšak historie mateřské společnosti Grupo Antolin, která pochází ze Španělska, sahá až do poloviny dvacátého století. Závod v Libáni vyrábí plastové součásti interiérů osobních automobilů, kterými jsou přístrojové desky, dveřní výplně, loketní opěrky a mnoho dalších výrobků. Odběratelé produktů jsou výrobci automobilů, či společnosti v dalším stupni výroby komponentů interiéru. Výroba komponentů z vybraných výrobních procesů probíhá za pomoci technologie vstřikování a svařování plastů.

4.1 Technologie výroby komponentů vstřikováním plastů

Technologie vstřikování plastů se využívá k výrobě plastů od poloviny 20. století, kdy byl představen první vstřikovací stroj. Vstřikovací stroje jsou poháněny hydraulicky, elektricky, či za použití obou zdrojů. Stroj pracuje na principu odebírání plastového granulátu z násypky šnekovým nebo pístovým válcem. Materiál je zpracováván v tlakové komoře a následně vstřikován formy, která je během vstřikovacího cyklu naplněna roztavenou směsí. Po ztuhnutí, tzv. plastifikaci materiálu je vstřikovací forma otevřena a vyjmut plastový výstřik se vtokovým systémem. Pro docílení požadované kvality výrobku je zapotřebí, aby byl plast v dutině formy ochlazován a teplota ve formě byla konstantní.

Výrobky z plastu se po vyjmutí ze vstřikovací formy smršťují, jejich rozměr se stabilizuje až po 24 hodinách. Smrštění je závislé na druhu plastu, teplotě a vlhkosti prostředí, ve kterém se výrobek nachází. Pro zjištění přesných rozměrů je nutné daný výrobek umístit alespoň na 24 hodin do prostředí, ve kterém je udržována teplota $20\text{ °C} \pm 1,5\text{ °C}$ a vlhkost přibližně 50 %. Vstřikované výrobky mohou mít mnoho druhů deformačních vad, např. propadliny, rýhy, staženiny, vzhledové deformace, zdrsňený povrch či barevné stopy. Výskyt vad může být ovlivněn následujícími faktory: vstřikovací tlak, teplota taveniny, teplota formy a rychlost plnění dutiny formy.

4.2 Technologie výroby komponentů svařováním plastů

Plasty lze svařovat za pomoci tří základních metod, svařováním horkým tělesem, vibračním svařováním a ultrazvukovým svařováním. Způsob svařování závisí na materiálu svařovaných dílů, jejich požadované kvalitě, či tvaru. Vhodnými druhy plastů ke svařování jsou termoplasty, naopak reaktoplasty svařovat nelze. Při svařování horkým tělesem se potřebná tepelná energie přenáší tepelnými patronami. Využívají se kontaktní tepelné nástavce, které svařují při teplotě ohřevu do 270 °C, vysokoteplotní nástavce svařují při teplotě do 400 °C a radiační při teplotě až do 600 °C. Metodou radiačního svařování je možné dosáhnout vysoké pevnosti svaru za cenu vyšších režijních nákladů při spotřebě energie. Vibrační svařování patří mezi metody, při kterých se tepelná energie přenáší vnějším třením při rotaci. Metoda ultrazvukového svařování využívá vnitřního tření při podélném, či torzním svařování ultrazvukem, který pracuje při frekvenci (20 kHz – 70 kHz) a teplotě až 1000 °C (Kotlera, 2016).

5 Analýza způsobilosti vybraných výrobních procesů

Pro analýzu způsobilosti byly vybrány dva procesy z automobilového projektu Škoda SK26x. Výrobní proces nosníku přístrojové desky je prvním z vybraných procesů, který byl zvolen na základě častých stížností zákazníků týkajících se rozměru. Výroba tohoto komponentu probíhá za pomoci technologie vstřikování plastů. Proces svařování výztuhy airbagu byl vybrán s ohledem na důležitost sledovaného znaku, kterým je hloubka provaření. Tento výrobní proces využívá technologii vibračního svařování plastů. Výstup z tohoto procesu plní charakteristiku znaku „D“, která se vyznačuje vlivem výrobku na bezpečnost pasažérů při jízdě.

Prvním krokem analýzy byla konstrukce regulačních diagramů a posouzení stability procesu, dále byl ověřován předpoklad normality a vypočteny ukazatele způsobilosti. Při regulaci byl využíván regulační diagram pro individuální hodnoty a klouzavá rozpětí v procesu výroby nosníku přístrojové desky a pro průměr a rozpětí v procesu svařování výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky. Aplikace regulačních diagramů při kontrole výrobků by měla pomoci k odhalení vymezených příčin a jejich eliminaci.

5.1 Proces výroby nosníku přístrojové desky

Prostředkem pro výrobu těchto komponentů je vstřikovací forma, do které je vstříknuta tavenina a ta je následně stlačena uvnitř vstřikovacího lisu. Po ukončení výrobního cyklu je výrobek vyjmut z formy pomocí automatizovaného zařízení. Druhou fází je vizuální kontrola, oddělení vtokové soustavy a montáž úchytů určených pro upevnění odkládacího prostoru spolujezdce. Poté jsou tyto výrobky přepraveny na další výrobní linku, kde se provádí prostřih otvorů pro vedení vzduchu a upevnění částí tohoto vedení, svařování výztuhy airbagu a připevnění dalších komponentů. Výstupem ze všech těchto výrobních fází je kompletní přístrojová deska připravená pro montáž dalších prvků.

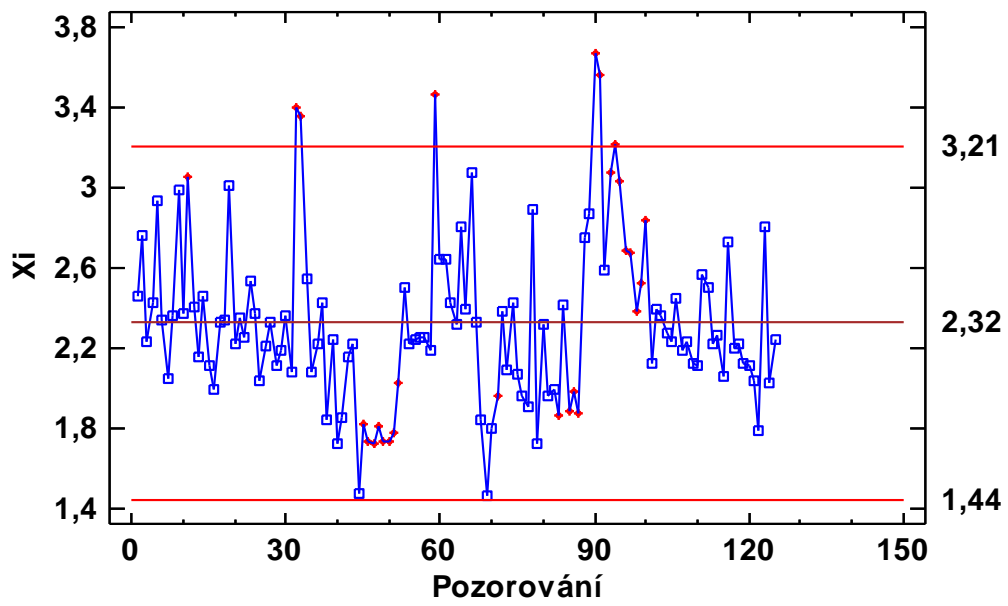
5.1.1 Počáteční stav procesu

Výroba nosníku přístrojové desky je první fází celého výrobního procesu vstřikování a svařování plastů. Nosník přístrojové desky je základní díl, na kterém probíhá montáž dalších komponentů.

Pro měření rozměru nosníků přístrojové desky je určen kontrolní přípravek, který je vybaven laserovými délkoměry s přesností naměřených hodnot $\pm 0,04$ mm a softwarem pro jejich analýzu (viz Příloha 1).

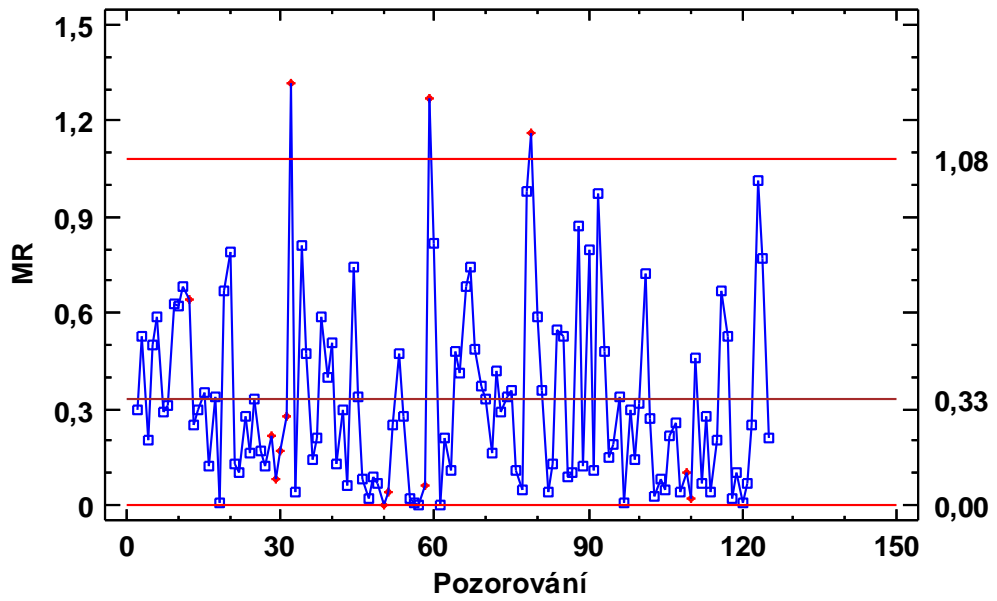
Laserové délkoměry měří nosník na levé a pravé straně. Počítačový program tyto hodnoty zaznamená a vypočítá výslednou odchylku od CAD dat (viz Příloha 2). Naměřená odchylka je vždy záporná hodnota, která byla pro účely výpočtů regulačních mezí a ukazatelů způsobilosti upravena na hodnotu kladnou. Měření nosníku na kontrolním přípravku probíhá až po 30 minutách, jelikož výrobky podléhají výrobnímu smrštění, které má vliv na jejich výsledný rozměr. Z tohoto důvodu jsou pro regulaci procesu vybrány regulační diagramy pro individuální hodnoty a klouzavá rozpětí. Toleranční meze určené zákazníkem jsou ($LSL - 1,2\text{mm}$; $USL - 2,8\text{mm}$).

Data pocházejí z období od listopadu 2018 do září 2019 a obsahují 125 naměřených hodnot. Měření jednotlivých kusů byla uskutečněna v intervalu 30 až 35 minut v závislosti na době manipulace s výrobkem a jeho ukotvení na kontrolním přípravku. Regulační diagramy zobrazují výchozí stav tohoto výrobního procesu (Obr. 6 a Obr. 7).



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 6 Regulační diagram pro individuální hodnoty



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 7 Regulační diagram pro klouzavá rozpětí MR

$$CL = \bar{x} = 2,325$$

Regulační meze pro konstrukci diagramu pro individuální hodnoty lze vypočítat dosazením do těchto vzorců:

$$LCL = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{1,128} = 1,444$$

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{1,128} = 3,205$$

$$CL = \overline{MR} = 0,331$$

Dále byly vypočteny parametry pro konstrukci diagramu pro klouzavá rozpětí.

$$LCL = D_3 \overline{MR} = 0$$

$$UCL = D_4 \overline{MR} = 3,267 \cdot 0,331 = 1,08$$

Hodnoty součinitelů D_3 a D_4 jsou uvedeny v normě ČSN ISO 7870-2. Průběh bodů v diagramu pro individuální hodnoty ukazují na statisticky nezvládnutý proces. Šest bodů v diagramu tyto meze překročilo, čímž způsobují nestabilitu procesu (Obr. 6). Diagram kromě toho obsahuje seskupení červených bodů, které znázorňují pozitivní test zvláštního seskupení. Tato seskupení bodů lze klasifikovat dle normy ČSN ISO 7870-2, například dle druhého testu zvláštních seskupení v regulačním diagramu, leží alespoň devět bodů za sebou na stejné straně od centrální přímky.

Toto pravidlo splňují pozorování č. 38 – 52, které leží pod centrální přímkou. Také diagram pro klouzavá rozpětí obsahuje několik bodů nad horní regulační mezí, ale celkový průběh bodů nenaznačuje nápadnou změnu inherentní variability. Příčiny překročení horní regulační meze nemohly být zpětně zjištěny. I když proces není statisticky zvládnutý, byly alespoň pro orientační posouzení vypočítány ukazatele způsobilosti. Ukazatele pro předepsané meze ($LSL = 1,2$; $USL = 2,8$) se určí podle vzorců.

$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6 \hat{\sigma}} = \frac{2,8 - 1,2}{6 \cdot 0,347} = 0,77$$

$$\hat{C}_{pL} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3 \hat{\sigma}} = \frac{2,325 - 1,2}{3 \cdot 0,347} = 1,08$$

$$\hat{C}_{pU} = \frac{USL - \hat{\mu}}{3 \hat{\sigma}} = \frac{2,8 - 2,325}{3 \cdot 0,347} = 0,45$$

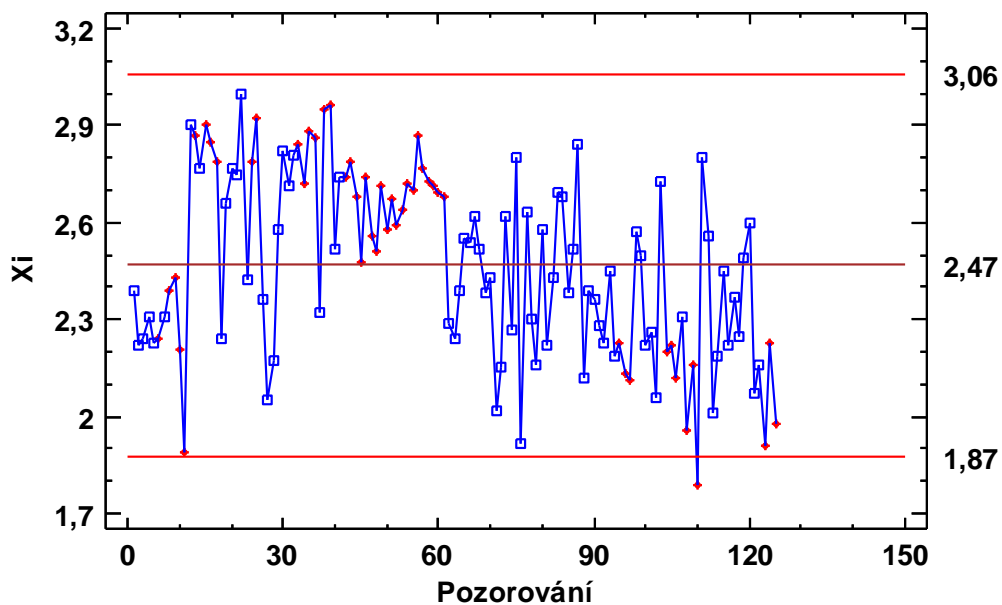
$$\hat{C}_{pk} = \min(\hat{C}_{pL}, \hat{C}_{pU}) = 0,45$$

Velmi nízké hodnoty ukazatelů vypovídají o nezpůsobilosti procesu vyhovět předepsaným mezím. Navíc je zřejmé, že proces není centrován. Nízká hodnota ukazatele C_{pk} je způsobena tím, že proces je posunut k horní toleranční mezi USL , mnoho bodů tuto mez překračuje.

Z důvodu nestability procesu byla navržena opatření ke zlepšení. Prvním opatřením je technologický zásah do výrobního procesu. Tento zásah spočívá ve snížení teploty uvnitř vstřikovací formy během výrobního cyklu z 25°C na 20°C.

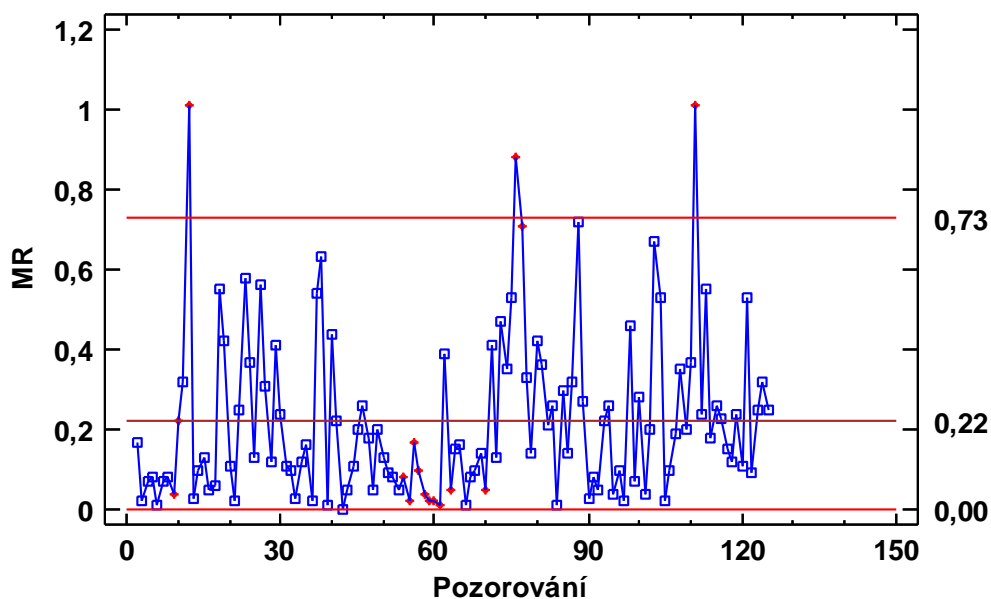
5.1.2 Implementace prvního opatření ke zlepšení stability procesu.

Regulační diagramy na Obr. 8 a Obr. 9 ukazují stav po technologickém zásahu.



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 8 Regulační diagram pro individuální hodnoty



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 9 Regulační diagram pro klouzavá rozpětí MR

$$CL = \bar{x} = 2,467$$

Následně byl proveden výpočet parametrů pro konstrukci diagramu pro individuální hodnoty.

$$LCL = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{1,128} = 1,873$$

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{1,128} = 3,060$$

$$CL = \overline{MR} = 0,223$$

Parametry pro konstrukci diagramu pro klouzavá rozpětí byly vypočteny dosazením do těchto vzorců:

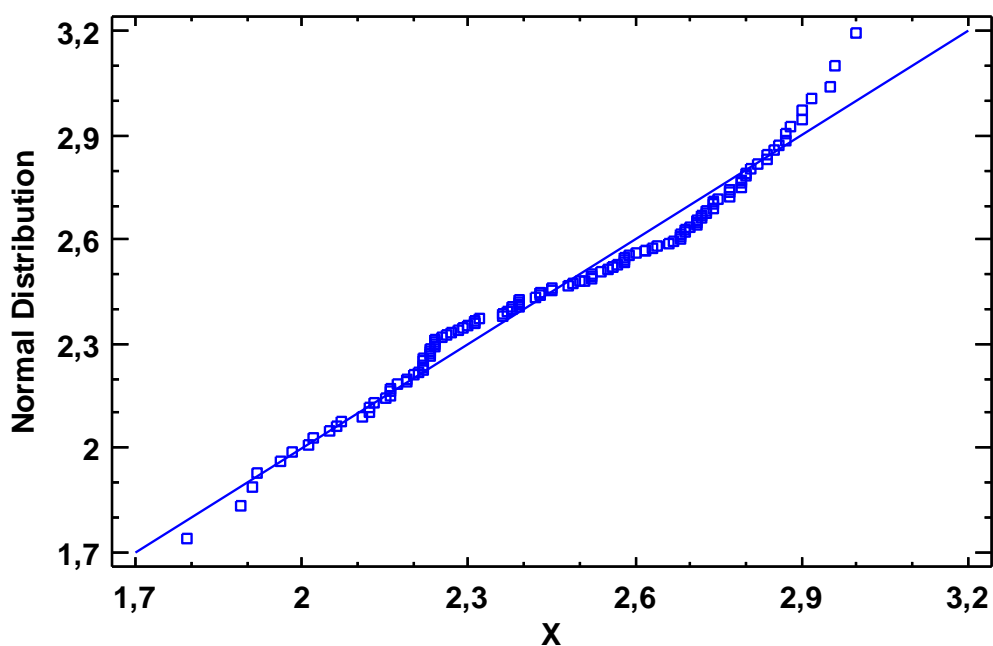
$$LCL = D_3 \overline{MR} = 0$$

$$UCL = D_4 \overline{MR} = 3,267 \cdot 0,223 = 0,729$$

Naměřené hodnoty po zásahu do procesu vykazují vyšší stabilitu z hlediska individuálních hodnot. V regulačním diagramu pro individuální hodnoty se vyskytuje pouze jeden bod, který překračuje dolní regulační mez (viz Obr. 8). V druhé polovině diagramu lze spatřit nápadnou změnu průběhu hodnot.

Změna polohy procesu může být následkem výroby s dávkou materiálu jiné šarže nebo složení. Podle třetího testu zvláštních seskupení v normě ČSN ISO 7870-2, šest po sobě jdoucích bodů v diagramu klesá (pozorování č. 55 – 61).

I když ani po zásahu nebyl proces zcela statisticky zvládnutý, byla pomocí pravděpodobnostního grafu (obr. 10) a Shapirova-Wilkova testu posouzena normalita rozdělení a vypočteny ukazatele způsobilosti.



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 10 Pravděpodobnostní graf

Průběh bodů v pravděpodobnostním grafu se od přímky odchyluje. Předpoklad normality nelze považovat za splněný. Shapirův – Wilkův test ukazuje na p- hodnotu nižší než 0,05, a tím potvrzuje nesplnění předpokladu o normalitě dat.

Tabulka 1 Shapirův – Wilkův testu pro ověření normality dat

Test	Statistic	P-Value
Shapiro-Wilk W	0,969759	0,0066446

Zdroj: (Statgraphics)

Odchylka od normálního rozdělení je zřejmě způsobena nestabilním chováním procesu. Následující hodnoty ukazatelů způsobilosti jsou vzhledem k nesplnění předpokladu opět pouze orientační.

Hodnoty tolerančních mezí jsou ($LSL = 1,2$; $USL = 2,8$).

$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6 \hat{\sigma}} = \frac{2,8 - 1,2}{6 \cdot 0,278} = 0,96$$

$$\hat{C}_{pL} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3 \hat{\sigma}} = \frac{2,467 - 1,2}{3 \cdot 0,278} = 1,51$$

$$\hat{C}_{pU} = \frac{USL - \hat{\mu}}{3 \hat{\sigma}} = \frac{2,8 - 2,467}{3 \cdot 0,278} = 0,40$$

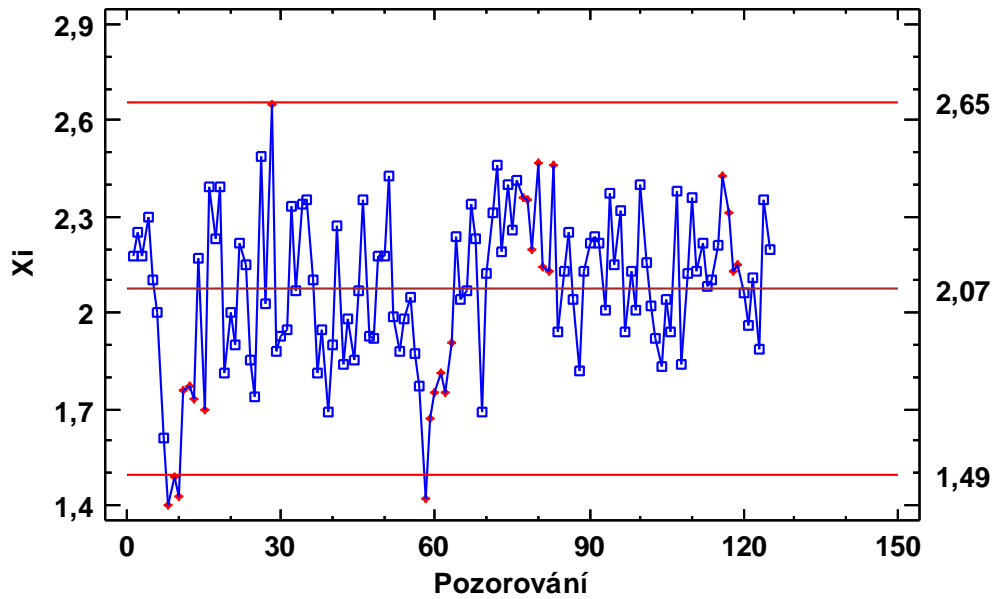
$$\hat{C}_{pk} = \min(\hat{C}_{pL}, \hat{C}_{pU}) = 0,40$$

Hodnoty ukazatelů způsobilosti nevypovídají o zlepšení způsobilosti procesu po technologickém zásahu. Hodnota ukazatele C_p se v porovnání s předchozím stavem o něco zvýšila, avšak hodnota ukazatele C_{pk} je stále nízká. I přes technologický zásah není proces schopen dodržovat horní tolerační mez USL .

Z důvodu stále nedostatečné způsobilosti procesu výroby nosníku přístrojové desky, bylo rozhodnuto o implementaci dalšího z navržených opatření, které spočívá v ukončení výroby na stávajícím vstřikovacím lisu a následný přesun výroby a montáže na jiné pracoviště. Zde budou nosníky vyráběny vstřikovacím lisem s odlišnými technickými parametry. Cílem implementace tohoto opatření je zajištění požadovaných rozměrů výrobku. Výběr daného stroje byl proveden v souladu s požadovanými technickými parametry a s adekvátní návazností na montáž v dalším stupni výroby. Výrobní takt byl prodloužen z 56 sekund na 68 sekund, z důvodu polohy pracoviště a vzdáleností k další montážní lince.

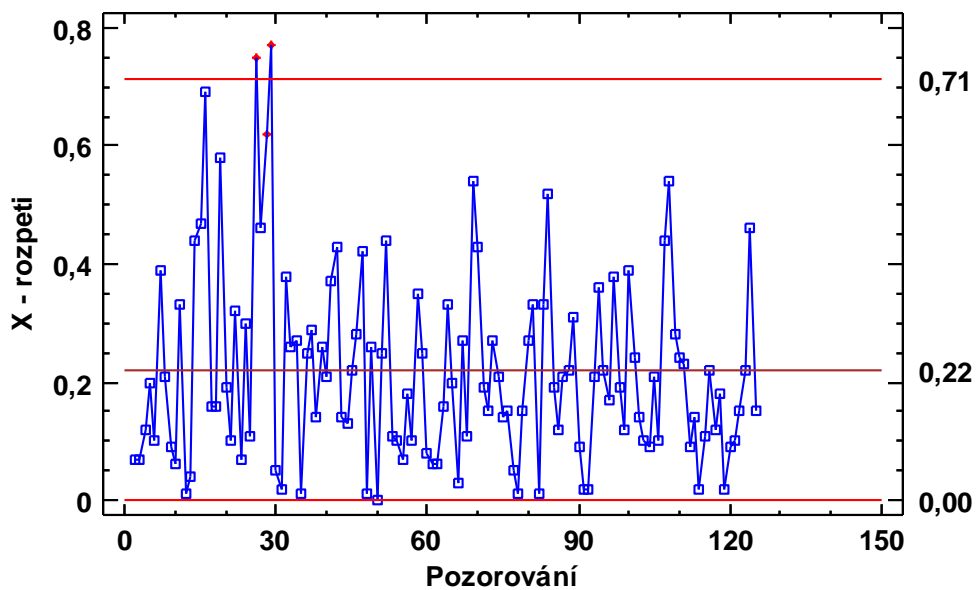
5.1.3 Způsobilost po změně výrobního zařízení

Regulační diagramy ukazují stav po přemístění výroby (viz Obr. 11 a Obr. 12).



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 11 Regulační diagram pro individuální hodnoty



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 12 Regulační diagram pro klouzavá rozpětí MR

$$CL = \bar{x} = 2,073$$

Výpočtem parametrů pro konstrukci diagramu pro individuální hodnoty byly získány regulační meze.

$$LCL = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{1,128} = 1,492$$

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{1,128} = 2,654$$

Výpočet regulačních mezí byl proveden také v diagramu pro klouzavá rozpětí:

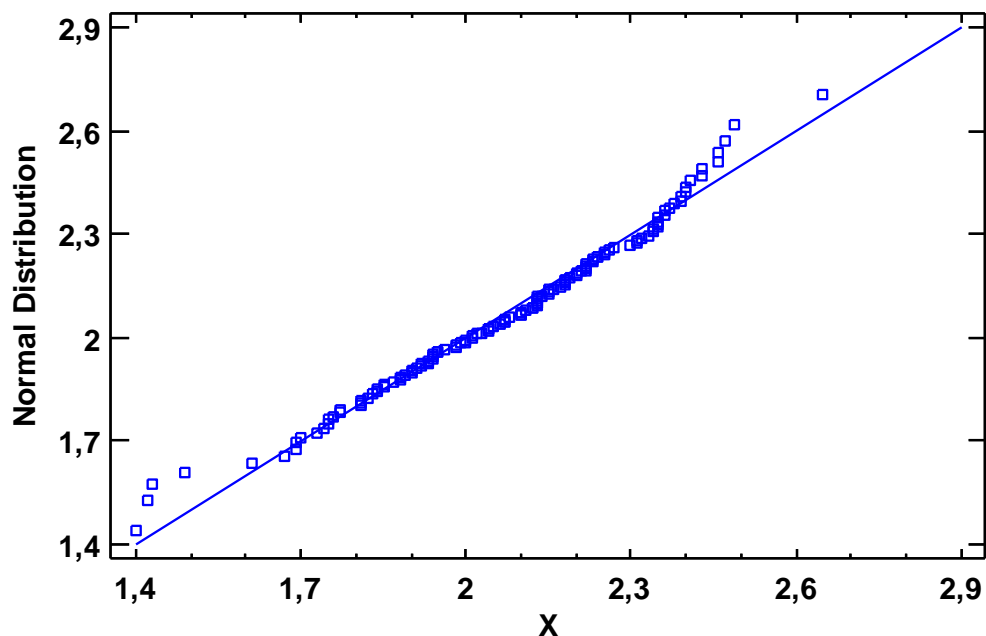
$$CL = \overline{MR} = 0,218$$

$$LCL = D_3 \overline{MR} = 0$$

$$UCL = D_4 \overline{MR} = 3,267 \cdot 0,218 = 0,713$$

Hodnoty součinitelů D_3 a D_4 jsou dány normou ČSN ISO 7870-2. Podle testu zvláštních seskupení lze klasifikovat hodnoty v regulačním diagramu. Více než devět po sobě jdoucích bodů leží na stejné straně od centrální přímky, a tímto splňují druhý test zvláštních seskupení.

Nad centrální přímkou se nachází dvě seskupení hodnot, které lze také klasifikovat podle tohoto testu (pozorování č. 70 – 83 a č. 109 – 119). Výrobní proces není statisticky zvládnutý ani po druhém z vykonaných opatření, avšak naměřené hodnoty nepřekračují toleranční meze.



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 13 Pravděpodobnostní graf

Většina bodů v pravděpodobnostním grafu leží v přímce, avšak pro potvrzení splnění předpokladu o normalitě byl proveden Shapirův – Wilkův test.

Tabulka 2 Shapirův – Wilkův test pro ověření normality dat

Test	Statistic	P-Value
Shapiro-Wilk W	0,981841	0,0916323

Zdroj:(Statgraphics)

Na základě pravděpodobnostního grafu i Shapirova – Wilkova testu lze předpoklad normality považovat za splněný. V návaznosti na předchozí fáze, byly pro posouzení způsobilosti vypočteny ukazatele způsobilosti procesu.

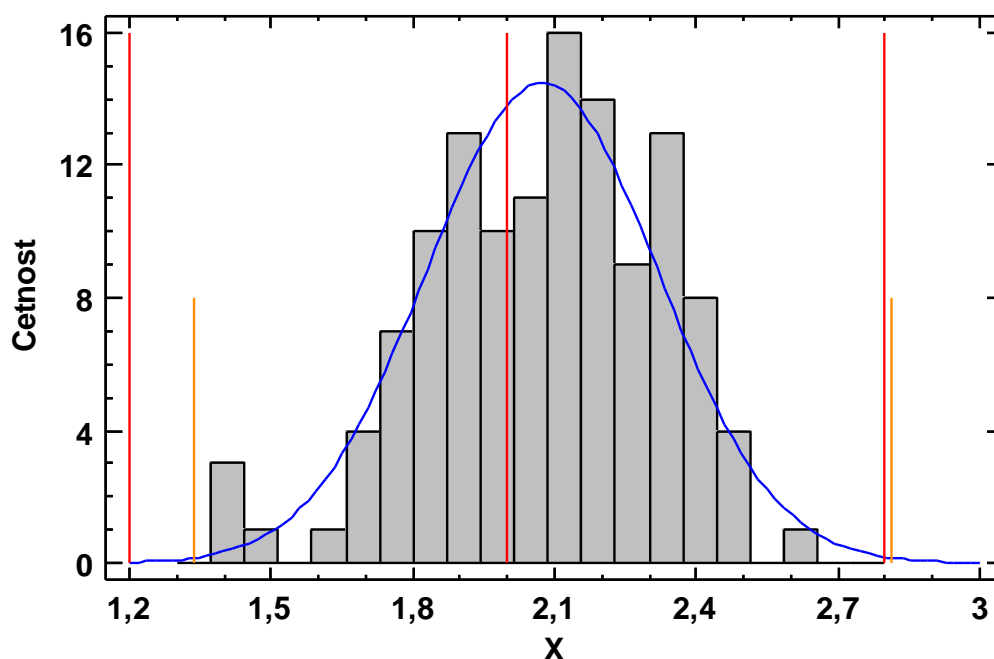
$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6 \hat{\sigma}} = \frac{2,8 - 1,2}{6 \cdot 0,220} = 1,21$$

$$\hat{C}_{pL} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3 \hat{\sigma}} = \frac{2,073 - 1,2}{3 \cdot 0,220} = 1,32$$

$$\hat{C}_{pU} = \frac{USL - \hat{\mu}}{3 \hat{\sigma}} = \frac{2,8 - 2,073}{3 \cdot 0,220} = 1,10$$

$$\hat{C}_{pk} = \min(\hat{C}_{pL}, \hat{C}_{pU}) = 1,10$$

Poloha a variabilita procesu vůči předepsaným mezím *USL* a *LSL*, které jsou vyznačeny červeně je zobrazena na Obr. 14.



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 14 Graf způsobilosti procesu

Střední hodnota procesu není centrována, hodnota ukazatele C_{pL} je vyšší než hodnota ukazatele C_{pU} . Rozdíl je způsoben polohou průměru hodnot, který je blíže horní toleranční mezi USL . Výpočet ukazatelů způsobilosti procesu po druhém z vykonaných opatření vypovídá o snížení průměru individuálních hodnot téměř na střed tolerančního pásma určeného zákazníkem.

Směrodatná odchylka hodnot byla za pomoci učiněných opatření snížena zhruba o třetinu (z 0,347 na 0,220). Hodnota ukazatele C_p činila před provedením opatření 0,77, po implementaci prvního z navržených opatření 0,96 a po druhém opatření se zvýšila na 1,21. Navýšení hodnoty indexu způsobilosti C_p bylo dosaženo snížením směrodatné odchylky inherentního kolísání procesu, které bylo způsobeno nižší variabilitou hodnot.

Proces je možné považovat na základě hodnoty ukazatele C_p za podmíněně způsobilý, kromě toho je schopen o mnoho lépe dodržovat toleranční meze, což je možné rozpoznat z hodnoty ukazatele C_{pk} , která se zvýšila o více než dvojnásobek (z 0,45 na 1,10).

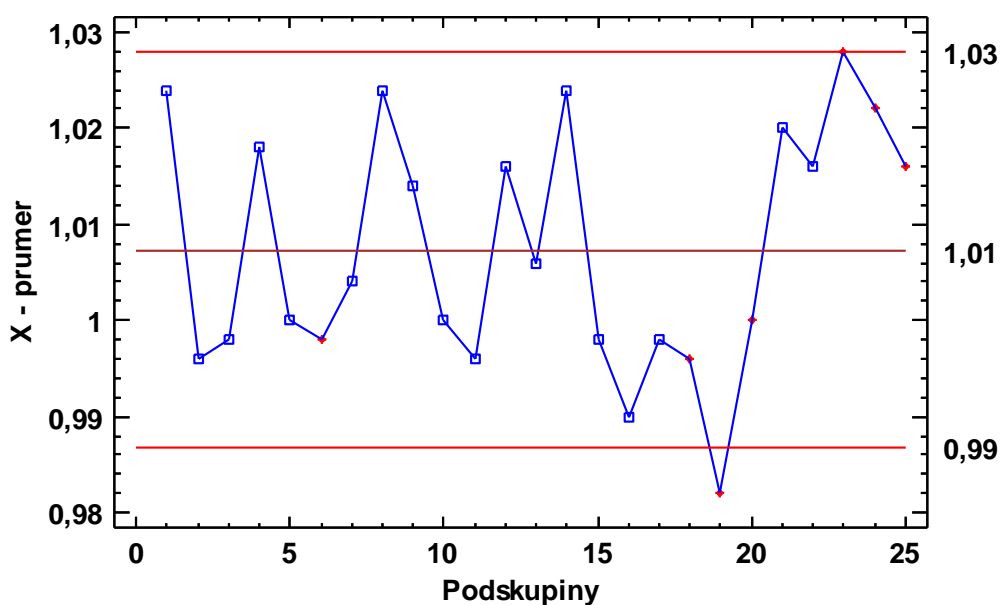
5.2 Proces svařování výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky

Svařování je prováděno vibračním svařovacím strojem, který v daných bodech sváří výztuhu airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky určeného pro vozy s levostranným, či pravostranným řízením. V této práci je analyzována pouze způsobilost procesu svařování výztuhy airbagu spolujezdce, avšak sledovanými parametry jsou také svařovací tlak a rozsah vibrační tření a spojování, které je možné sledovat na informačním panelu stroje (viz Příloha 4). Měření hloubky provaření probíhá délkovým snímačem Balluff. Uvedená přesnost měřidla činí $\pm 0,010$ mm. Požadovaná hloubka provaření je dána zákaznickou specifikací $1,00$ mm $\pm 0,1$ mm.

5.2.1 Počáteční stav procesu

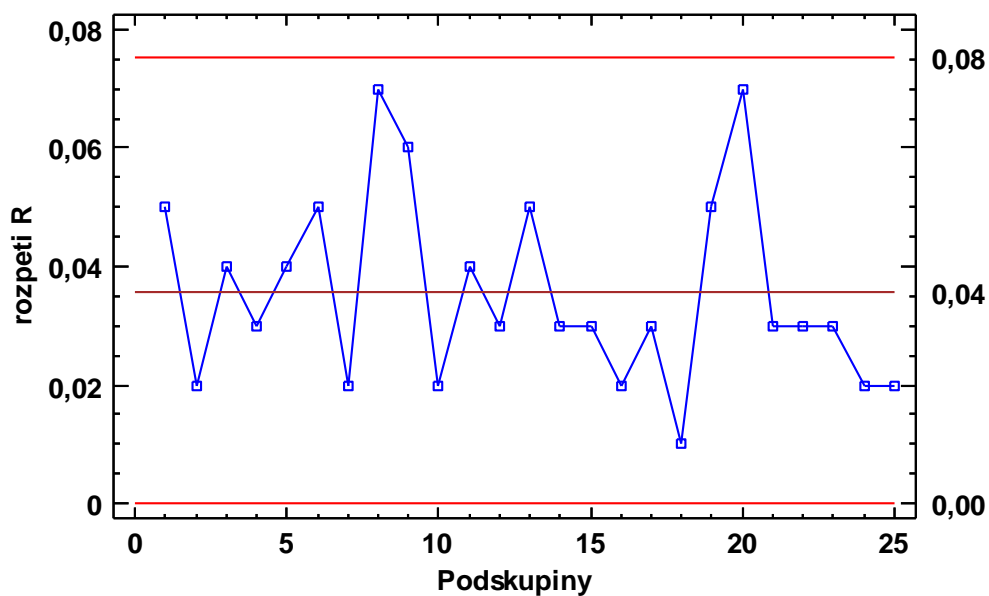
Při zahájení statistické regulace procesu byly sbírány hodnoty hloubky provaření výztuhy airbagu v hodinových intervalech. Každý sběr tvoří podskupinu pěti hodnot, přičemž celkem bylo nasbíráno dvacet pět podskupin.

Data pocházejí z období od listopadu 2018 do září 2019. K regulaci hloubky provaření výztuhy airbagu byly zvoleny regulační diagramy pro průměr a rozpětí. Diagramy na Obr. 15 a Obr. 16 zobrazují hodnoty naměřené hloubky provaření v hodinových intervalech.



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 15 Regulační diagram pro průměr



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 16 Regulační diagram pro rozpětí R

$$CL = \bar{\bar{x}} = 1,007$$

Výpočtem byly získány parametry pro konstrukci diagramu pro průměr.

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 1,007 - 0,577 \cdot 0,035 = 0,986$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 1,007 + 0,577 \cdot 0,035 = 1,027$$

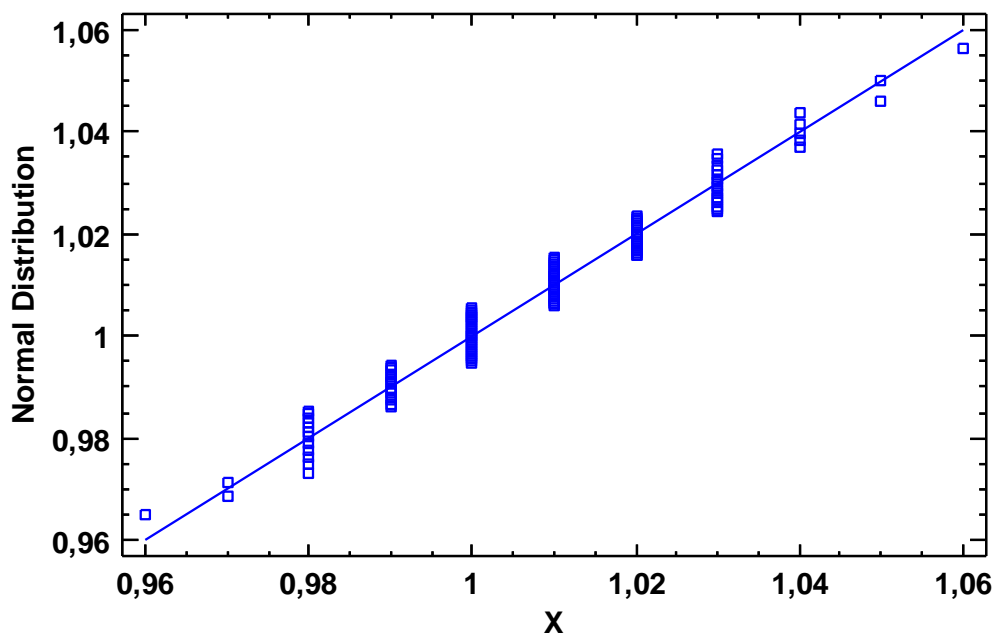
$$CL = \bar{R} = 0,035$$

Poté byly vypočteny parametry pro konstrukci diagramu pro rozpětí.

$$LCL = D_3 \bar{R} = 0$$

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2,114 \cdot 0,035 = 0,075$$

Výrobní proces není statisticky zvládnutý, jelikož hodnota v podskupině č. 19 se vyskytuje pod dolní regulační mezí. V regulačním diagramu pro průměr se nacházejí zvláštní seskupení bodů, kdy čtyři z pěti bodů leží v zóně B nebo nad ní (Obr. 15). Z pravděpodobnostního grafu na Obr. 17 lze posoudit normalitu dat.



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 17 Pravděpodobnostní graf

Pro ověření předpokladu o normalitě dat byl proveden Shapirův – Wilkův test.

Tabulka 3 Shapirův – Wilkův testu pro ověření normality dat

Test	Statistic	P-Value
Shapiro-Wilk W	0,974534	0,0183055

Zdroj: (Statgraphics)

Dle Shapirova – Wilkova testu je výsledná p-hodnota nižší než 0,05. Zamítnutí hypotézy o normálním rozdělení na základě Shapirova – Wilkova testu je způsobeno opakovaným výskytem stejných hodnot způsobeným nepřesným měřením.

Pravděpodobnostní graf nenaznačuje porušení linearity průběhu hodnot, a proto byly vypočítány ukazatele způsobilosti pro normální rozdělení. Toleranční meze jsou určeny požadavkem zákazníka ($LSL = 0,9$ mm; $USL = 1,1$ mm).

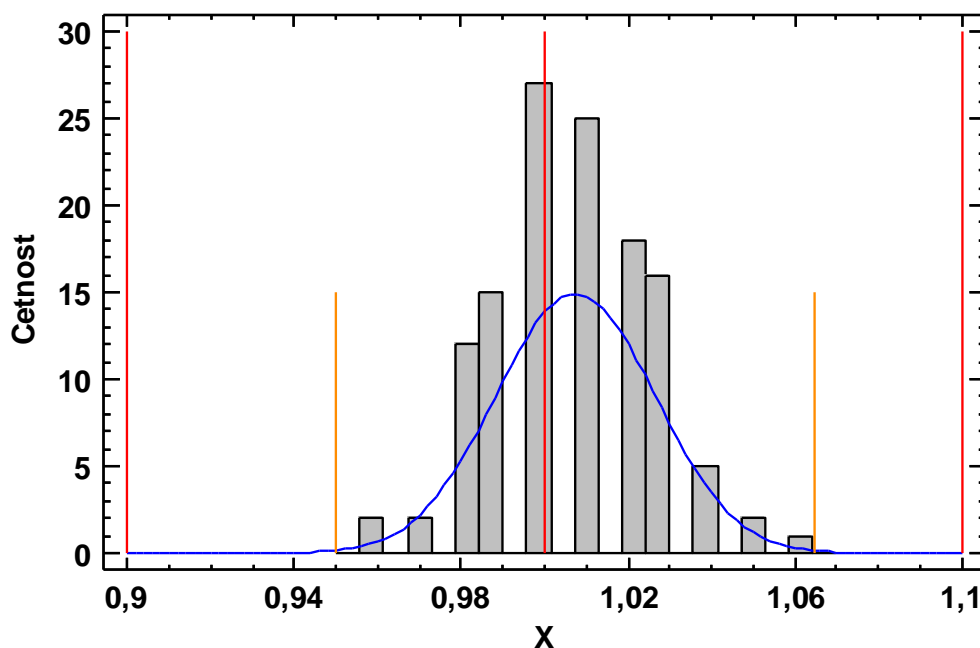
$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6 \hat{\sigma}} = \frac{1,1 - 0,9}{6 \cdot 0,019} = 1,75$$

$$\hat{C}_{pL} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3 \hat{\sigma}} = \frac{1,007 - 0,9}{3 \cdot 0,019} = 1,88$$

$$\hat{C}_{pU} = \frac{USL - \hat{\mu}}{3 \hat{\sigma}} = \frac{1,1 - 1,007}{3 \cdot 0,019} = 1,63$$

$$\hat{C}_{pk} = \min(\hat{C}_{pL}, \hat{C}_{pU}) = 1,63$$

Na základě hodnot ukazatelů způsobilosti lze považovat proces za způsobilý, odhad ukazatele C_p je vyšší než 1,33. Dle grafu způsobilosti nedochází k překročení tolerančních mezí. Střední hodnota procesu je o něco blíže horní toleranční mezí USL , a proto je hodnota ukazatele C_{pU} o něco nižší než C_{pL} a odpovídá hodnotě ukazatele C_{pk} . Ukazatele C_p a C_{pk} jsou srovnatelné a potvrzují schopnost procesu dodržovat toleranční meze. Hodnoty leží od těchto mezí dostatečně daleko (Obr. 18).



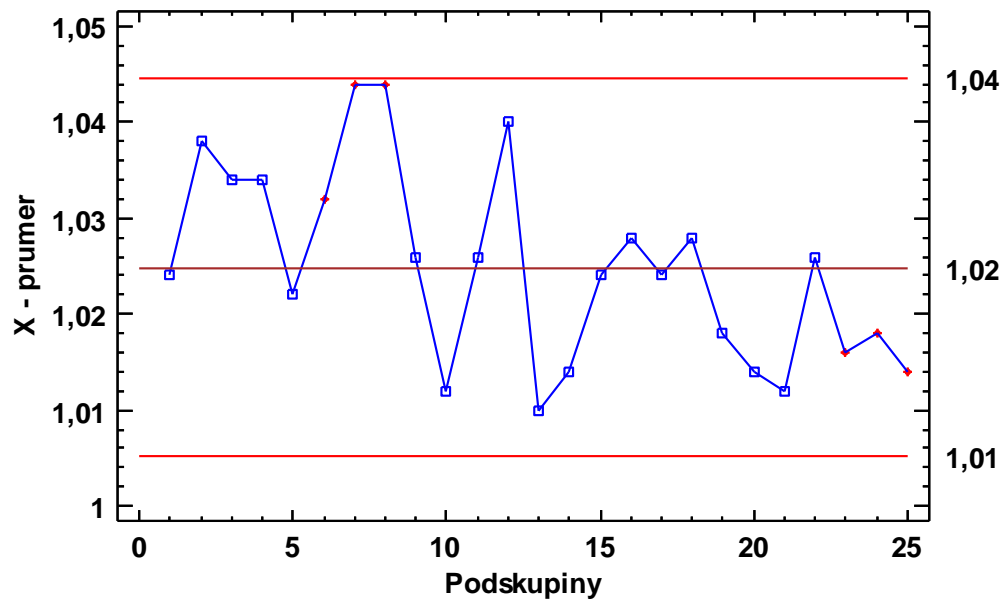
Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 18 Graf způsobilosti procesu

Za účelem odhalení příčin zvýšené variability průměrů v regulačním diagramu bylo vykonáno opatření, které spočívalo ve zkrácení intervalu sběru hodnot z jedné hodiny na třicet minut.

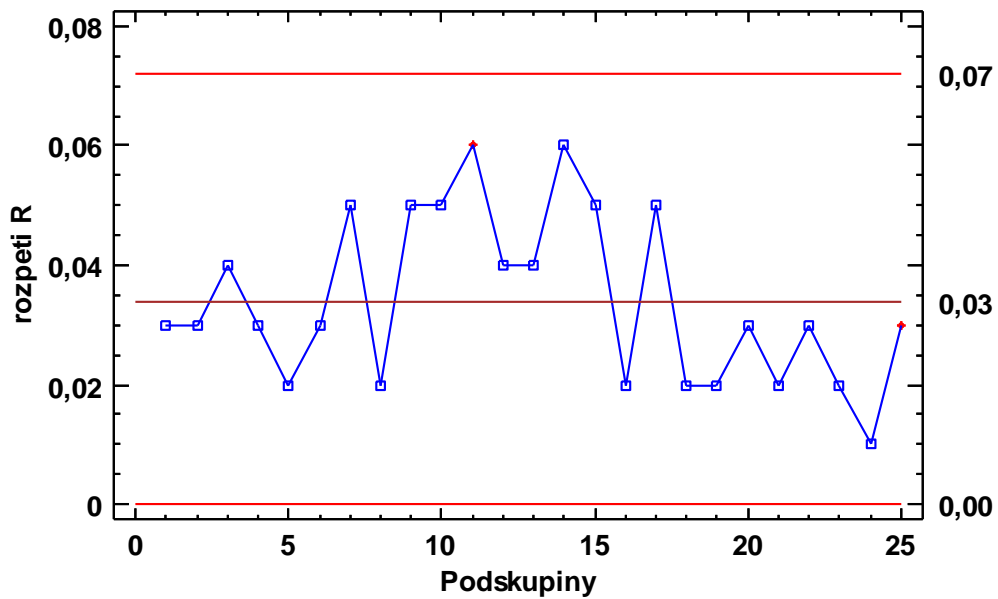
5.2.2 Změna frekvence sledování

Regulační diagramy (Obr. 19 a Obr. 20) ukazují stav stability procesu při sběru hodnot ve zkráceném intervalu.



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 19 Regulační diagram pro průměr



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 20 Regulační diagram pro rozpětí

$$CL = \bar{\bar{x}} = 1,024$$

Výpočtem byly získány parametry pro konstrukci diagramu pro průměr.

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 1,024 - 0,577 \cdot 0,034 = 1,005$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 1,024 + 0,577 \cdot 0,034 = 1,044$$

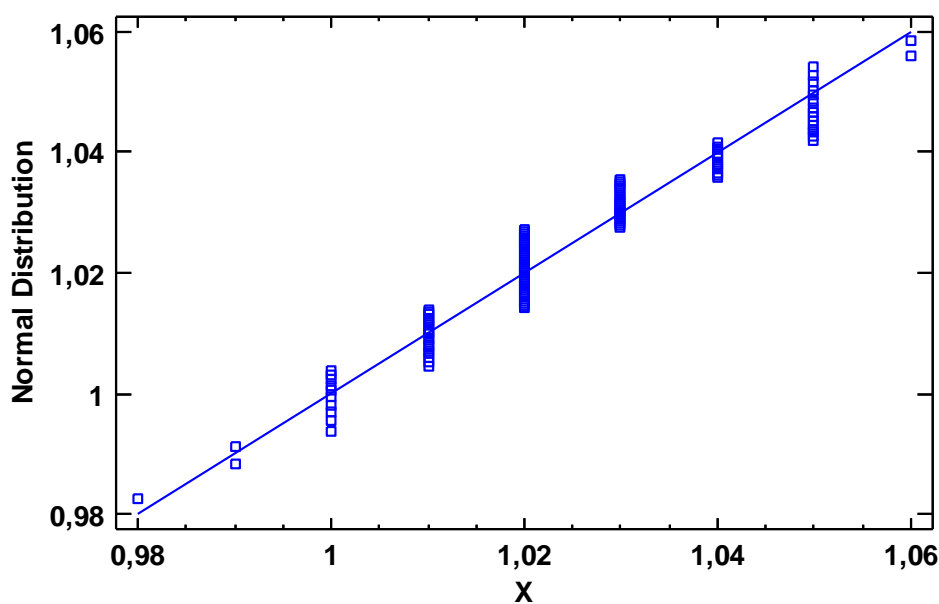
$$CL = \bar{R} = 0,034$$

Následně byly vypočteny parametry pro konstrukci diagramu pro rozpětí.

$$LCL = D_3 \bar{R} = 0$$

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2,114 \cdot 0,034 = 0,072$$

Naměřené hodnoty ve výrobním procesu v druhé fázi analýzy nepřekračují regulační meze, avšak v regulačním diagramu se vyskytují zvláštní seskupení hodnot. Tato seskupení lze klasifikovat pomocí testů z normy ČSN ISO 7870-2. V sedmé a osmé podskupině regulačního diagramu pro průměr, leží dva ze tří bodů v řadě za sebou v zóně A. Diagram také zobrazuje zvýšenou variabilitu průměrů prvních patnácti podskupin. Splnění předpokladu o normalitě dat lze posoudit pravděpodobnostního grafu na Obr. 21.



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 21 Pravděpodobnostní graf

Pro potvrzení, zda je předpoklad normality splněn, byl proveden Shapirův – Wilkův test.

Tabulka 4 Shapirův – Wilkův test pro ověření normality

Test	Statistic	P-Value
Shapiro-Wilk W	0,954632	0,000353851

Zdroj: (Statgraphics)

Na základě Shapirova – Wilkova testu je nutné zamítnout hypotézu o normálním rozdělení. Opět je to způsobeno opakovaným výskytem stejných hodnot způsobeným nepřesným měřením. Průběh bodů v pravděpodobnostním grafu je takřka lineární. Pro posouzení způsobilosti procesu byly vypočítány ukazatele způsobilosti. Toleranční meze jsou určeny požadavkem zákazníka ($LSL = 0,9$ mm; $USL = 1,1$ mm).

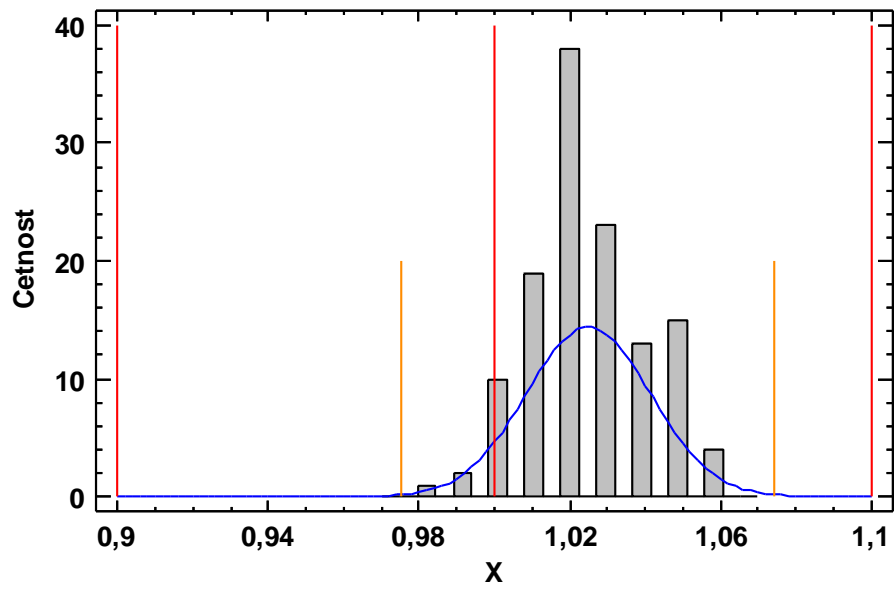
$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6 \hat{\sigma}} = \frac{1,1 - 0,9}{6 \cdot 0,016} = 2,08$$

$$\hat{C}_{pL} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3 \hat{\sigma}} = \frac{1,024 - 0,9}{3 \cdot 0,016} = 2,58$$

$$\hat{C}_{pU} = \frac{USL - \hat{\mu}}{3 \hat{\sigma}} = \frac{1,1 - 1,024}{3 \cdot 0,016} = 1,58$$

$$\hat{C}_{pk} = \min(\hat{C}_{pL}, \hat{C}_{pU}) = 1,58$$

Odhad ukazatele C_p je vyšší než 2, čímž je splněno kritérium pro hodnocení na úrovni kvality Six Sigma. Proces lze považovat za způsobilý, hodnota ukazatele C_{pk} je vyšší než 1,33. Ukazateli C_{pk} odpovídá hodnota ukazatele C_{pU} , který je nižší než ukazatel C_{pL} . Celkový průměr hodnot je blíže horní toleranční mezi USL . Z grafu způsobilosti procesu je zřejmé, že proces není centrován, avšak nedochází k překročení tolerančních mezí (Obr. 22).



Zdroj: (Statgraphics)

Obr. 22 Graf způsobilosti procesu

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit způsobilost vybraných výrobních procesů a navrhnout opatření ke zlepšení způsobilosti. Pro analýzu způsobilosti byly vybrány dva výrobní procesy z automobilového projektu Škoda SK26x. V prvním z analyzovaných procesů se vyrábí nosník přístrojové desky technologií vstřikování plastů. Druhý výrobní proces je založen na svařování výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky technologií vibračního svařování plastů.

První krok spočíval ve zjištění, zda jsou analyzované procesy statisticky zvládnuté, a to za pomoci regulačních diagramů typu měření. Z naměřených hodnot byly konstruovány diagramy pro individuální hodnoty a klouzavá rozpětí pro první z vybraných procesů a pro průměr a rozpětí pro druhý z vybraných procesů. Naměřené hodnoty z procesu výroby nosníku přístrojové desky překračovaly regulační meze, a proto byl nejprve proveden technologický zásah, po kterém se však způsobilost nezměnila. Další opatření, které bylo navrženo z důvodu nenaplnění očekávaného cíle technologického zásahu, spočívalo ve změně výrobního zařízení. Implementace tohoto opatření přinesla lepší stabilitu procesu, díky které jsou hodnoty ukazatelů způsobilosti dostatečně vysoké, a tímto lze proces považovat za podmíněně způsobilý.

Při regulaci procesu svařování výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky došlo k odhalení zvýšené variability v regulačním diagramu. K odhalení příčiny nestejnorodosti hodnot bylo rozhodnuto zkrátit interval sběru na polovinu. Ukázalo se, že příčinou vzniku zvýšené variability je seřizování parametrů svařování řídicím systémem stroje. Vybrané výrobní procesy dodržují toleranční meze a tím je požadavek zákazníka splněn.

Seznam literatury

BEST M., NEUHAUSER, D., 2006. Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory. In: europepmc.org [online], [cit. 3. 3.2019]. Dostupné z

<http://europepmc.org/articles/PMC2464836>.

ČSN ISO 7870-2 Regulační diagramy. Část 2, Shewhartovy regulační diagramy.

Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2018

JAROŠOVÁ, E. Statistické metody řízení jakosti pro kombinovanou formu studia.

1. vyd. Mladá Boleslav: Škoda Auto a. s., 2011. ISBN 978-80-87042-37-3.

JAROŠOVÁ, E., NOSKIEVIČOVÁ, D. Pokročilejší metody statistické regulace

procesu. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. 2015. Expert (Grada). ISBN 978-80-

247-5355-3.

KOTLERA, O. Technologie zpracování plastů. Libeos, 2016

KUPKA, K. Statistické řízení jakosti. 3. vyd. Pardubice: TriloByte, 2001. ISBN 80-

238-8293-7.

MELOUN, M., KUPKA, K. Kompendium statistického zpracování dat. Praha:

Academia, 2006. ISBN 80-200-1396-2.

MILITKÝ, J., KŘEMENÁKOVÁ, D. Metrologie a řízení jakosti 1. 2015. ISBN 978-

80-7494-242-6.

MONTGOMERY, D. C. Statistical Quality Control: A Modern Introduction. 6.ed.

Hoboken, 2009. ISBN 978-0470-23397-9.

NENADÁL, J. a kol. Moderní management jakosti. 1. vyd. Praha: Management

Press, 2008. ISBN 978-80-726-1186-7.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Fáze cyklu PDCA	9
Obr. 2 Paretův diagram - druhy vad vstříkovaných dílů	12
Obr. 3 Ishikawa diagram - příčiny neshodné produkce vstříkovaných dílů	13
Obr. 4 Charakteristiky potřebné pro stanovení indexu způsobilosti C_p	21
Obr. 5 Pravděpodobnostní graf	22
Obr. 6 Regulační diagram pro individuální hodnoty.....	28
Obr. 7 Regulační diagram pro klouzavá rozpětí MR	28
Obr. 8 Regulační diagram pro individuální hodnoty.....	30
Obr. 9 Regulační diagram pro klouzavá rozpětí MR.....	31
Obr. 10 Pravděpodobnostní graf	32
Obr. 11 Regulační diagram pro individuální hodnoty.....	33
Obr. 12 Regulační diagram pro klouzavá rozpětí	34
Obr. 13 Pravděpodobnostní graf	35
Obr. 14 Graf způsobilosti procesu	36
Obr. 15 Regulační diagram pro průměr	38
Obr. 16 Regulační diagram pro rozpětí	38
Obr. 17 Pravděpodobnostní graf	39
Obr. 18 Graf způsobilosti procesu	40
Obr. 19 Regulační diagram pro průměr.....	41
Obr. 20 Regulační diagram pro rozpětí	41
Obr. 21 Pravděpodobnostní graf	42
Obr. 22 Graf způsobilosti procesu	43

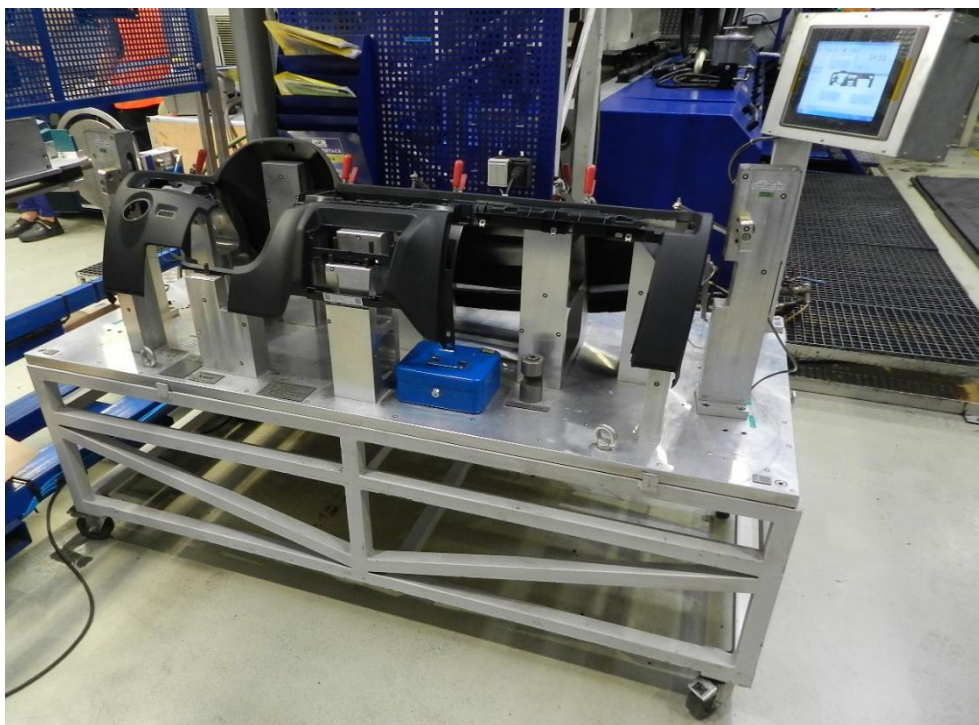
Seznam tabulek

Tab. 1 Shapirův – Wilkův testu pro ověření normality dat.....	32
Tab. 2 Shapirův – Wilkův testu pro ověření normality dat.....	35
Tab. 3 Shapirův – Wilkův testu pro ověření normality dat.....	39
Tab. 4 Shapirův – Wilkův testu pro ověření normality dat.....	42

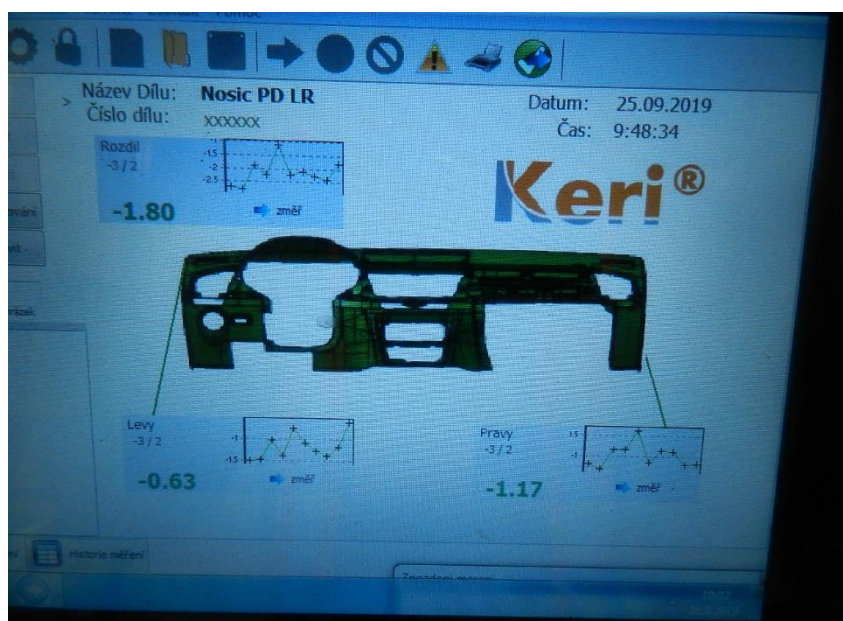
Seznam příloh

Příloha 1 Kontrolní přípravek pro měření nosníku přístrojové desky s laserovými délkoměry	48
Příloha 2 Záznam naměřených hodnot na obrazovce kontrolního přípravku pro měření nosníku přístrojové desky.....	48
Příloha 3 Nosník přístrojové desky s přivařenou výztuhou airbagu spolujezdce vložený ve vibračním svařovacím stroji	49
Příloha 4 Záznam parametrů svařování vibračního svařovacího stroje.....	49
Příloha 5 Regulační karta pro hloubku provaření výztuhy nosníku přístrojové desky k nosníku přístrojové desky	50
Příloha 6 Analyzovaná data rozměru nosníků přístrojové desky před vykonaným opatřením	51
Příloha 7 Analyzovaná data rozměru nosníků přístrojové desky po technologickém zásahu.....	53
Příloha 8 Analyzovaná data rozměru nosníků přístrojové desky po změně výrobního zařízení.....	55
Příloha 9 Analyzovaná data hloubky provaření výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky, sběr hodnot po jedné hodině.....	57
Příloha 10 Analyzovaná data hloubky provaření výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky, sběr hodnot po třiceti minutách	58

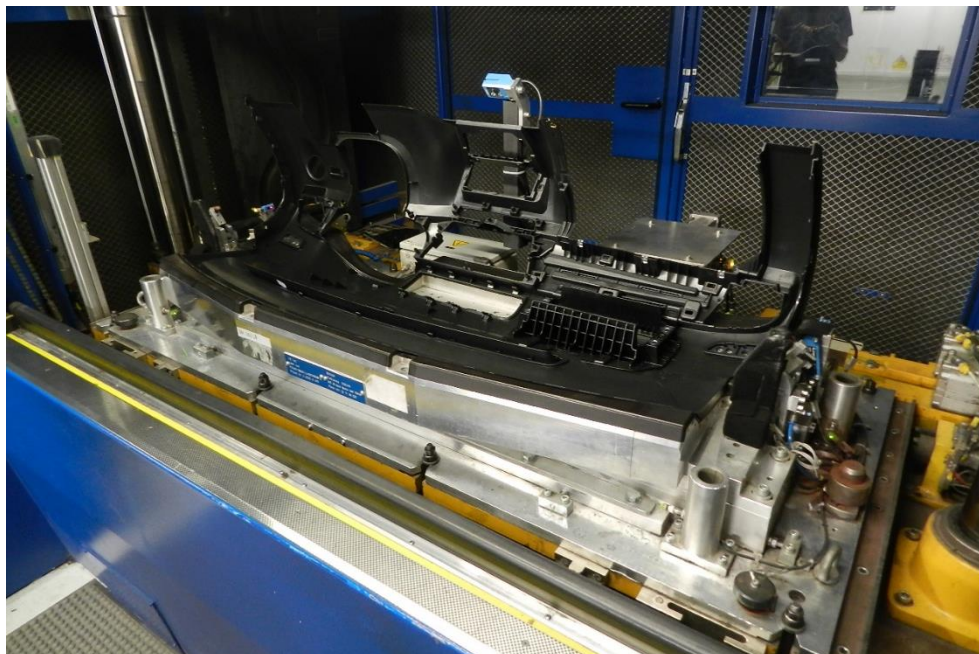
Příloha 1 Kontrolní přípravek pro měření nosníku přístrojové desky s laserovými délkoměry



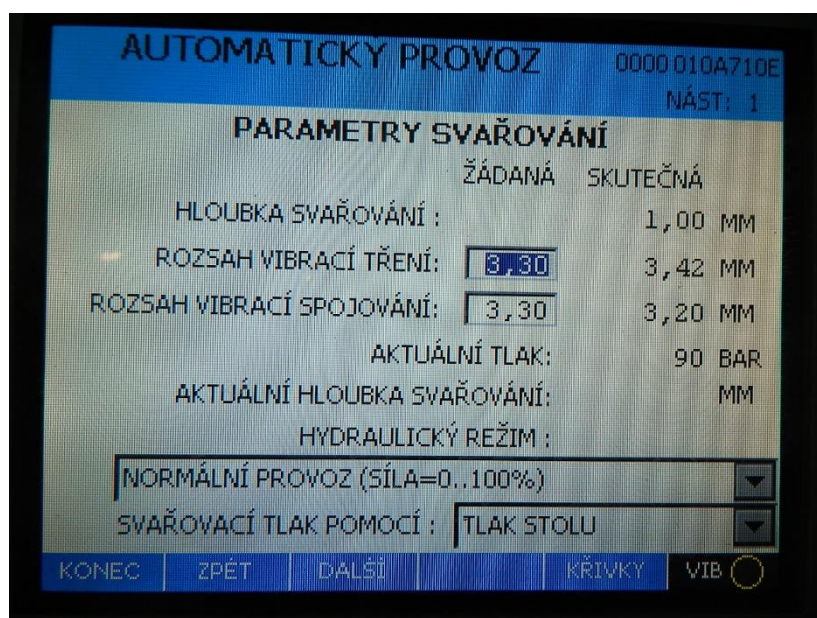
Příloha 2 Záznam naměřených hodnot na obrazovce kontrolního přípravku pro měření nosníku přístrojové desky



Příloha 3 Nosník přístrojové desky s přivařenou výztuhou airbagu spolujezdce vložený ve vibračním svařovacím stroji



Příloha 4 Záznam parametrů svařování vibračního svařovacího stroje



Příloha 6 Analyzovaná data rozměru nosníků přístrojové desky před vykonaným opatřením

Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>
1	2,46		31	2,08	0,28
2	2,76	0,3	32	3,40	1,32
3	2,23	0,53	33	3,36	0,04
4	2,43	0,2	34	2,55	0,81
5	2,93	0,5	35	2,08	0,47
6	2,34	0,59	36	2,22	0,14
7	2,05	0,29	37	2,43	0,21
8	2,36	0,31	38	1,84	0,59
9	2,99	0,63	39	2,24	0,4
10	2,37	0,62	40	1,73	0,51
11	3,05	0,68	41	1,86	0,13
12	2,41	0,64	42	2,16	0,3
13	2,16	0,25	43	2,22	0,06
14	2,46	0,3	44	1,48	0,74
15	2,11	0,35	45	1,82	0,34
16	1,99	0,12	46	1,74	0,08
17	2,33	0,34	47	1,72	0,02
18	2,34	0,01	48	1,81	0,09
19	3,01	0,67	49	1,74	0,07
20	2,22	0,79	50	1,74	0
21	2,35	0,13	51	1,78	0,04
22	2,25	0,1	52	2,03	0,25
23	2,53	0,28	53	2,50	0,47
24	2,37	0,16	54	2,22	0,28
25	2,04	0,33	55	2,24	0,02
26	2,21	0,17	56	2,25	0,01
27	2,33	0,12	57	2,25	0
28	2,11	0,22	58	2,19	0,06
29	2,19	0,08	59	3,46	1,27
30	2,36	0,17	60	2,64	0,82

Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>
61	2,64	0	91	3,56	0,08	121	2,04	0,53
62	2,43	0,21	92	2,59	0,05	122	1,79	0,09
63	2,32	0,11	93	3,07	0,22	123	2,80	0,25
64	2,80	0,48	94	3,22	0,26	124	2,03	0,32
65	2,39	0,41	95	3,03	0,04	125	2,24	0,25
66	3,07	0,68	96	2,69	0,1			
67	2,33	0,74	97	2,68	0,02			
68	1,84	0,49	98	2,38	0,46			
69	1,47	0,37	99	2,52	0,07			
70	1,80	0,33	100	2,84	0,28			
71	1,96	0,16	101	2,12	0,04			
72	2,38	0,42	102	2,39	0,2			
73	2,09	0,29	103	2,36	0,67			
74	2,43	0,34	104	2,28	0,53			
75	2,07	0,36	105	2,23	0,02			
76	1,96	0,11	106	2,45	0,1			
77	1,91	0,05	107	2,19	0,19			
78	2,89	0,98	108	2,23	0,35			
79	1,73	1,16	109	2,13	0,2			
80	2,32	0,59	110	2,11	0,37			
81	1,96	0,36	111	2,57	1,01			
82	2,00	0,04	112	2,50	0,24			
83	1,87	0,13	113	2,22	0,55			
84	2,42	0,55	114	2,26	0,18			
85	1,89	0,53	115	2,06	0,26			
86	1,98	0,09	116	2,73	0,23			
87	1,88	0,1	117	2,20	0,15			
88	2,75	0,87	118	2,22	0,12			
89	2,87	0,12	119	2,12	0,24			
90	3,67	0,8	120	2,11	0,11			

Příloha 7 Analyzovaná data rozměru nosníků přístrojové desky po technologickém zásahu do výrobního procesu

Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>
1	2,39		31	2,71	0,11
2	2,22	0,17	32	2,81	0,1
3	2,24	0,02	33	2,84	0,03
4	2,31	0,07	34	2,72	0,12
5	2,23	0,08	35	2,88	0,16
6	2,24	0,01	36	2,86	0,02
7	2,31	0,07	37	2,32	0,54
8	2,39	0,08	38	2,95	0,63
9	2,43	0,04	39	2,96	0,01
10	2,21	0,22	40	2,52	0,44
11	1,89	0,32	41	2,74	0,22
12	2,90	1,01	42	2,74	0
13	2,87	0,03	43	2,79	0,05
14	2,77	0,1	44	2,68	0,11
15	2,9	0,13	45	2,48	0,2
16	2,85	0,05	46	2,74	0,26
17	2,79	0,06	47	2,56	0,18
18	2,24	0,55	48	2,51	0,05
19	2,66	0,42	49	2,71	0,2
20	2,77	0,11	50	2,58	0,13
21	2,75	0,02	51	2,67	0,09
22	3,00	0,25	52	2,59	0,08
23	2,42	0,58	53	2,64	0,05
24	2,79	0,37	54	2,72	0,08
25	2,92	0,13	55	2,70	0,02
26	2,36	0,56	56	2,87	0,17
27	2,05	0,31	57	2,77	0,1
28	2,17	0,12	58	2,73	0,04
29	2,58	0,41	59	2,71	0,02
30	2,82	0,24	60	2,69	0,02

Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>
61	2,68	0,01	91	2,28	0,08	121	2,07	0,53
62	2,29	0,39	92	2,23	0,05	122	2,16	0,09
63	2,24	0,05	93	2,45	0,22	123	1,91	0,25
64	2,39	0,15	94	2,19	0,26	124	2,23	0,32
65	2,55	0,16	95	2,23	0,04	125	1,98	0,25
66	2,54	0,01	96	2,13	0,1			
67	2,62	0,08	97	2,11	0,02			
68	2,52	0,1	98	2,57	0,46			
69	2,38	0,14	99	2,50	0,07			
70	2,43	0,05	100	2,22	0,28			
71	2,02	0,41	101	2,26	0,04			
72	2,15	0,13	102	2,06	0,2			
73	2,62	0,47	103	2,73	0,67			
74	2,27	0,35	104	2,20	0,53			
75	2,80	0,53	105	2,22	0,02			
76	1,92	0,88	106	2,12	0,1			
77	2,63	0,71	107	2,31	0,19			
78	2,30	0,33	108	1,96	0,35			
79	2,16	0,14	109	2,16	0,2			
80	2,58	0,42	110	1,79	0,37			
81	2,22	0,36	111	2,8	1,01			
82	2,43	0,21	112	2,56	0,24			
83	2,69	0,26	113	2,01	0,55			
84	2,68	0,01	114	2,19	0,18			
85	2,38	0,3	115	2,45	0,26			
86	2,52	0,14	116	2,22	0,23			
87	2,84	0,32	117	2,37	0,15			
88	2,12	0,72	118	2,25	0,12			
89	2,39	0,27	119	2,49	0,24			
90	2,36	0,03	120	2,60	0,11			

Příloha 8 Analyzovaná data rozměru nosníků přístrojové desky po změně výrobního zařízení

Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>
1	2,18		31	1,95	0,02
2	2,25	0,07	32	2,33	0,38
3	2,18	0,07	33	2,07	0,26
4	2,30	0,12	34	2,34	0,27
5	2,10	0,2	35	2,35	0,01
6	2,00	0,1	36	2,10	0,25
7	1,61	0,39	37	1,81	0,29
8	1,4	0,21	38	1,95	0,14
9	1,49	0,09	39	1,69	0,26
10	1,43	0,06	40	1,9	0,21
11	1,76	0,33	41	2,27	0,37
12	1,77	0,01	42	1,84	0,43
13	1,73	0,04	43	1,98	0,14
14	2,17	0,44	44	1,85	0,13
15	1,7	0,47	45	2,07	0,22
16	2,39	0,69	46	2,35	0,28
17	2,23	0,16	47	1,93	0,42
18	2,39	0,16	48	1,92	0,01
19	1,81	0,58	49	2,18	0,26
20	2,00	0,19	50	2,18	0
21	1,9	0,1	51	2,43	0,25
22	2,22	0,32	52	1,99	0,44
23	2,15	0,07	53	1,88	0,11
24	1,85	0,3	54	1,98	0,1
25	1,74	0,11	55	2,05	0,07
26	2,49	0,75	56	1,87	0,18
27	2,03	0,46	57	1,77	0,1
28	2,65	0,62	58	1,42	0,35
29	1,88	0,77	59	1,67	0,25
30	1,93	0,05	60	1,75	0,08

Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>	Měření č.	<i>X</i>	<i>MR</i>
61	1,81	0,06	91	2,24	0,02	121	1,96	0,1
62	1,75	0,06	92	2,22	0,02	122	2,11	0,15
63	1,91	0,16	93	2,01	0,21	123	1,89	0,22
64	2,24	0,33	94	2,37	0,36	124	2,35	0,46
65	2,04	0,2	95	2,15	0,22	125	2,20	0,15
66	2,07	0,03	96	2,32	0,17			
67	2,34	0,27	97	1,94	0,38			
68	2,23	0,11	98	2,13	0,19			
69	1,69	0,54	99	2,01	0,12			
70	2,12	0,43	100	2,40	0,39			
71	2,31	0,19	101	2,16	0,24			
72	2,46	0,15	102	2,02	0,14			
73	2,19	0,27	103	1,92	0,1			
74	2,40	0,21	104	1,83	0,09			
75	2,26	0,14	105	2,04	0,21			
76	2,41	0,15	106	1,94	0,1			
77	2,36	0,05	107	2,38	0,44			
78	2,35	0,01	108	1,84	0,54			
79	2,20	0,15	109	2,12	0,28			
80	2,47	0,27	110	2,36	0,24			
81	2,14	0,33	111	2,13	0,23			
82	2,13	0,01	112	2,22	0,09			
83	2,46	0,33	113	2,08	0,14			
84	1,94	0,52	114	2,10	0,02			
85	2,13	0,19	115	2,21	0,11			
86	2,25	0,12	116	2,43	0,22			
87	2,04	0,21	117	2,31	0,12			
88	1,82	0,22	118	2,13	0,18			
89	2,13	0,31	119	2,15	0,02			
90	2,22	0,09	120	2,06	0,09			

Příloha 9 Analyzovaná data hloubky provaření výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky, sběr hodnot v intervalu jedné hodiny

Číslo podskupiny	1. hodnota	2. hodnota	3. hodnota	4. hodnota	5. hodnota
1.	1,02	1,03	1,05	1,00	1,02
2.	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00
3.	0,98	1,00	1,00	1,02	0,99
4.	1,02	1,02	1,03	1,00	1,02
5.	1,01	1,00	0,99	1,02	0,98
6.	1,00	0,97	1,02	1,00	1,00
7.	1,01	1,01	0,99	1,00	1,01
8.	0,99	1,04	1,02	1,01	1,06
9.	1,03	1,05	0,99	0,99	1,01
10.	0,99	1,00	1,01	1,01	0,99
11.	1,00	1,00	0,98	0,98	1,02
12.	1,02	1,03	1,02	1,00	1,01
13.	1,03	0,99	1,03	0,98	1,00
14.	1,01	1,04	1,04	1,02	1,01
15.	0,98	1,01	0,99	1,01	1,00
16.	0,98	1,00	0,99	1,00	0,98
17.	0,98	1,01	0,98	1,01	1,01
18.	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00
19.	1,01	0,98	0,99	0,96	0,97
20.	0,96	1,01	0,99	1,01	1,03
21.	1,02	1,03	1,03	1,00	1,02
22.	1,00	1,00	1,03	1,02	1,03
23.	1,04	1,02	1,01	1,03	1,04
24.	1,01	1,03	1,01	1,03	1,03
25.	1,01	1,02	1,01	1,03	1,01

Příloha 10 Analyzovaná data hloubky provaření výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky, sběr hodnot v intervalu třiceti minut

Číslo podskupiny	1. hodnota	2. hodnota	3. hodnota	4. hodnota	5. hodnota
1.	1,01	1,04	1,02	1,02	1,03
2.	1,04	1,02	1,05	1,04	1,04
3.	1,05	1,03	1,04	1,01	1,04
4.	1,05	1,02	1,05	1,03	1,02
5.	1,03	1,01	1,03	1,02	1,02
6.	1,02	1,03	1,02	1,05	1,04
7.	1,05	1,06	1,01	1,05	1,05
8.	1,05	1,03	1,05	1,05	1,04
9.	1,05	1,04	1,00	1,03	1,01
10.	1,01	0,98	1,02	1,03	1,02
11.	1,00	1,02	1,03	1,02	1,06
12.	1,06	1,06	1,04	1,02	1,02
13.	1,02	1,03	0,99	1,00	1,01
14.	1,02	1,05	1,00	1,01	0,99
15.	1,00	1,02	1,02	1,05	1,03
16.	1,02	1,03	1,04	1,03	1,02
17.	1,00	1,02	1,02	1,05	1,03
18.	1,02	1,03	1,04	1,03	1,02
19.	1,01	1,03	1,02	1,01	1,02
20.	1,02	1,00	1,02	1,03	1,00
21.	1,02	1,01	1,00	1,01	1,02
22.	1,04	1,01	1,03	1,03	1,02
23.	1,02	1,01	1,01	1,03	1,01
24.	1,02	1,02	1,02	1,02	1,01
25.	1,01	1,01	1,00	1,02	1,03

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Adam Píri		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality		
NÁZEV PRÁCE	Způsobilost vybraných výrobních procesů ve společnosti Antolin Liban s. r. o.		
VEDOUCÍ PRÁCE	doc. Ing. Eva Jarošová, CSc.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2019
POČET STRAN	47		
POČET OBRÁZKŮ	22		
POČET TABULEK	4		
POČET PŘÍLOH	10		
STRUČNÝ POPIS	<p>Práce se zaměřuje na analýzu způsobilosti výrobních procesů ve společnosti Antolin Liban s. r. o., využitím regulačních diagramů, statistických testů a ukazatelů způsobilosti. Pro tuto analýzu byly vybrány dva výrobní procesy vhodné k regulaci, které využívají technologii vstříkování a svařování plastů. V prvním z vybraných procesů probíhá výroba nosníku přístrojové desky. Druhý výrobní proces spočívá ve svaření výztuhy airbagu spolujezdce k nosníku přístrojové desky. Pomocí regulačních diagramů byla odhalena nestabilita procesu výroby nosníku přístrojové desky, a proto byla navržena opatření ke zlepšení stability tohoto procesu. Po vykonaném opatření spočívajícím ve změně výrobního zařízení lze považovat proces za podmíněně způsobilý. Proces svařování výztuhy airbagu spolujezdce se ukázal být dostatečně způsobilý.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Statistická regulace procesu, Výrobní proces, Způsobilost		

ANNOTATION

AUTHOR	Adam Píri		
FIELD	6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management		
THESIS TITLE	Production process capability in the company Antolin Liban s. r. o.		
SUPERVISOR	doc. Ing. Eva Jarošová, CSc.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2019
NUMBER OF PAGES	47		
NUMBER OF PICTURES	22		
NUMBER OF TABLES	8		
NUMBER OF APPENDICES	10		
SUMMARY	<p>This bachelor thesis is focused on analysis of capability of the chosen production processes in the company Antolin Liban s. r. o. by using control charts, statistical tests and capability indicators. Two production processes which are suitable for regulation were chosen for this analyse. This production processes use plastic injection and welding technologies. In the first production process, the carrier of the instrument panel is produced. Second production process consist of welding the passenger airbag chute and the carrier of the instrument panel. The control charts revealed instability of the process, producing the carrier of instrument panel. Therefore suggestions were made to improve stability of this production process. Implementing the change of production facilities to improve the production process has contributed to it is conditional capability. The process of welding passenger airbag chute and carrier of instrument panel appears sufficiently capable.</p>		
KEY WORDS	Statistical Process Control, Production proces, Capability		