

Analýza využití metody Poka-Yoke na zvolené montážní lince ve firmě Hanon Systems, s. r. o.

Martin Pavka

Bakalářská práce
2017

 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: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Pavka**
Osobní číslo: **M14266**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Řízení výroby a kvality**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Analýza využití metody Poka-Yoke na zvolené montážní lince ve firmě Hanon Systems Autopal, s. r. o.**

Zásady pro vypracování:

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Prozkoumejte literární prameny a zpracujte literární rešerši zaměřenou na metodiku Poka-Yoke.

II. Praktická část

- Analyzujte výrobní proces na zvolené montážní lince ve společnosti Hanon Systems Autopal, s. r. o. se zaměřením na problematiku prevence vad.
- Zhodnoťte výsledky analýzy.
- Na základě vyhodnocení analýzy navrhnete vhodná opatření pro zlepšení prevence vzniku vad ve výrobním procesu zvolené montážní linky.

Závěr

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

Seznam odborné literatury:

DENNIS, Pascal. Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor, 2016, 223 s. ISBN 14-987-0887-0.

GABRYŠOVÁ, Marie. Řízení jakosti A: distanční studijní opora. Vyd. 1. Karviná: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2009, 111 s. ISBN 978-80-7248-524-6.

MAŠÍN, Ivan. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000, 311 s. ISBN 80-902-2356-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Dobroslav Němec
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
Datum zadání bakalářské práce: 15. prosince 2016
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2017

Ve Zlíně dne 15. prosince 2016



doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Felicity Chromjaková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že


- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 diplomová/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/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 – diplomovou/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 diplomové/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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 diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení: MARTIN PAVKA


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku předcházení vzniku vad ve výrobním procesu prostřednictvím metody Poka yoke. Cílem práce je analyzovat současný stav využití metody ve výrobním podniku a na základě zjištěných skutečností vypracovat návrhy na zlepšení. Pro analýzu je zvolena montážní linka na základě současného a predikovaného objemu produkce výrobního sortimentu podniku. Zvolená montážní linka je podrobena procesní analýze a prostřednictvím FMEA jsou nalezeny místa možného vzniku vad ve výrobě. Pro zjištění příčin těchto problémových okruhů je využito Ishikawova diagramu. Zlepšovaci návrhy vycházející z výsledků analýz a jsou založeny na principu Poka yoke. Hlavním přínosem navržených řešení je zamezení vzniku neúmyslných chyb, které by nepříznivě ovlivnily kvalitu produkce a pomáhají tak podniku přiblížit se ke stavu nula vadných jednotek produkce.

Klíčová slova: Poka yoke, Chyby, Vady, Procesní analýza, FMEA, Ishikawův diagram

ABSTRACT

The Bachelor Thesis is focused on mistakeproofing in manufacturing process through Poka yoke method. The aim is to analyze current using of the method in manufacturing company and to make suggestions for improvement of problem areas, which was find out during analysis. There is chosen assembly line according to actual production value and its prediction to the future. Chosen assembly line is analysed with process analyze and FMEA to find out failure modes. Cause of these failures are determined through Ishikawa diagram. The improvement suggestions are coming out on previous analysis and they are based on Poka yoke principle. The result of application of improvement suggestions is prevention of inadvertent errors, which would negatively influence production quality. Suggested improvements also help the company to get closer to the state of zero defective units of production.

Keywords: Poka yoke, Mistakes, Defects, Process Analysis, FMEA, Ishikawa diagram

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Dobroslavu Němcovi za odborné vedení, ochotu a cenné připomínky, které mi poskytl při zpracování této práce.

Děkuji také kolektivu společnosti Hanon Systems Autopal, s. r. o. za poskytnutí podkladů a umožnění zpracování této bakalářské práce. Chtěl bych také poděkovat Ing. Zuzaně Soukupové za vedení odborné praxe, její ochotu a vstřícnost.

Velké díky patří mojí rodině, přítelkyni a kamarádům za podporu.

OBSAH

ÚVOD	8
CÍLE A METODY	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 DEFINICE POKA YOKE	12
1.1 HISTORIE METODY	12
1.2 ZAŘAZENÍ METODY	12
1.2.1 Dle výrobního systému TPS.....	13
1.2.2 Dle konceptu Štíhlé výroby.....	13
1.2.3 Dle pojetí Six Sigma	14
1.3 FILOZOFIE METODY	15
2 CHYBY VE VÝROBNÍM PROCESU	16
2.1 CHYBY JAKO PŮVODCE PLÝTVÁNÍ.....	16
2.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU PRODUKCE	17
2.3 DRUHY CHYB VE VÝROBNÍM PROCESU	17
2.4 ZPŮSOBY PŘEDCHÁZENÍ CHYBÁM	19
2.5 NÁSTROJE PRO DETEKCI CHYB.....	20
2.5.1 Identifikace předmětů dle jejich charakteristik.....	21
2.5.2 Detekce odchylek od výrobního postupu.....	21
2.5.3 Detekce odchylek od stanovených hodnot.....	21
2.6 NÁSTROJE PRO SIGNALIZACI DETEKOVANÝCH CHYB	22
2.6.1 Andon a výstražné světelné signály	22
Andon.....	22
2.6.2 Digitální panely s displejem.....	23
3 ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ	24
3.1 NEUSTÁLÉ ZLEPŠOVÁNÍ.....	25
3.2 DEMINGŮV CYKLUS PDCA	25
3.2.1 Plan.....	25
3.2.2 Do.....	26
3.2.3 Check.....	26
3.2.4 Act.....	26
3.3 NÁSTROJE A METODY PRO ANALÝZU PROCESU	26
3.3.1 ABC analýza	26
3.3.2 BCG matice.....	27
3.3.3 Procesní analýza.....	27
3.3.4 FMEA.....	27
3.3.5 Ishikawův diagram	28
4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	32

5.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE.....	32
5.2	HISTORIE FIRMY	32
5.3	VÝROBNÍ PROGRAM FIRMY	33
5.4	VÝROBNÍ ZÁVOD HLUK.....	34
5.4.1	Základní informace	34
5.4.2	Výrobní program závodu	34
5.4.3	Zázemí závodu	34
6	VÝBĚR VHODNÉHO REPREZENTANTA	36
6.1	ABC ANALÝZA.....	37
6.2	BCG MATICE.....	38
6.3	PŘEDSTAVENÍ ZVOLENÉHO REPREZENTANTA	40
7	ANALÝZA MONTÁŽNÍ LINKY VÝROBKU CD4 16MM.....	42
7.1	POPIS VYBRANÉ MONTÁŽNÍ LINKY	42
7.2	MOŽNOST VZNIKU VAD PŘI MONTÁŽI	44
7.3	PROCESNÍ ANALÝZA MONTÁŽE.....	44
7.3.1	Založení a upnutí tělesa, kontrola rozměrů tělesa	46
7.3.2	Založení vysoušeče a kontrola založení	47
7.3.3	Šroubování zátky, kontrola šroubování.....	48
7.3.4	Šroubování šroubů, kontrola šroubování	49
7.3.5	Kontrola těsnosti	50
7.3.6	Uložení do přepravního kontejneru.....	51
7.4	VYHODNOCENÍ A PROBLÉMOVÉ OKRUHY	52
7.5	MÍSTA VZNIKU VAD.....	53
8	SOUHRN ZJIŠTĚNÝCH PROBLÉMŮ A NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ.....	55
8.1	MOŽNOST ZÁMĚNY KONDENZÁTORU CD4 16MM ZA CD4 20MM.....	55
8.1.1	Popis problému.....	55
8.1.2	Příčiny problému	56
8.1.3	Návrh na zlepšení	57
8.2	MONTÁŽ DEFORMOVANÉHO KONDENZÁTORU	58
8.2.1	Popis problému.....	58
8.2.2	Příčiny problému	59
8.2.3	Návrh na zlepšení	59
8.3	DEFORMACE PŘI PŘEPRAVĚ	61
8.3.1	Popis problému.....	61
8.3.2	Příčiny problému	63
8.3.3	Návrh na zlepšení	63
	ZÁVĚR	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
	SEZNAM TABULEK.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

V dnešní době jsou na firmy kladeny vysoké nároky související s efektivitou výroby a kvalitou výrobků, které předávají zákazníkům. S takovým vývojem situace se firmy musí vypořádat, jelikož vlivem rostoucích nároků ubývá prostor pro chybování. Firmy musí řešit obtíže v oblasti zvyšování požadavků na výrobní kapacity a zároveň musí udržovat znameňitou kvalitu svých výrobků, což je u zvýšeného objemu produkce obtížnější.

Nejvyhrocenějším oborem v tomto směru je bezpochyby automobilový průmysl, kde jsou kladeny požadavky jak na množství dodaných výrobků, tak také na včasný termín dodání a v neposlední řadě jejich kvalitu.

Jednou ze společností, která se musí vyrovnat s vysokými nároky, které klade automobilový průmysl je společnost Hanon Systems Autopal, s. r. o. ve které je bakalářská práce zpracována. Firma se zabývá velkosériovou výrobou chladicí a klimatizační techniky pro automobily světových značek. Při výrobě svých výrobků se snaží využívat moderních poznatků a přístupů, což firmě pomohlo vybudovat si přední pozici na trhu.

Jedním z přístupů, které firma využívá, je neustálé zlepšování svých procesů. Do těchto zlepšovatelství iniciativ se snaží zapojit zaměstnance na všech úrovních. Právě v souvislosti s neustálým zlepšováním se firma zaměřuje i na oblast kvality svých výrobků, kde je prostor pro zlepšování v podstatě do té doby, dokud není dosaženo stavu nula vadných jednotek produkce.

Kvalita výrobků je z velké části ovlivněna chybami, které vznikají v rámci výrobního procesu. Tyto chyby je nutné eliminovat, čehož lze dosáhnout prostřednictvím metody Poka yoke, která se pomocí svých mechanismů zaměřuje na zamezení vzniku neúmyslných chyb ve výrobním procesu. Právě tato oblast je předmětem řešení této bakalářské práce, která si klade za cíl analyzovat výrobní proces montážní linky a v rámci zlepšovatelství iniciativ odstranit nedostatky zjištěné analýzou.

Teoretická část práce je zpracována ve formě literární rešerše a zaměřuje se na vysvětlení základních faktů, termínů a principů, které jsou pro předcházení vadám používány. Aby bylo vadám možné předcházet, je nezbytné pochopit důvod jejich vzniku, přičemž nejčastějším původcem vzniku vad je lidský faktor. Proto je věnována pozornost chybám, které se vyskytují ve výrobním procesu a faktorům, které mají vliv na výslednou produkci. Rozebrány jsou také mechanismy, které jsou využívány pro zjištění výskytu chyb, upozornění na jejich vznik

a principy zamezení vzniku chyb. Jelikož je cílem navrhnout zlepšení v této oblasti, je věnována pozornost také postupu, jež je užíván pro zlepšovateľské iniciativy. Závěrem teoretické části jsou přiblíženy analytické nástroje využité v praktické části.

V praktické části je nejprve představena společnost a její výrobní sortiment, z něhož byl vybrán výrobek, jehož montážní zařízení je předmětem analýzy. Montážní operace zvoleného reprezentanta je podrobena procesní analýze a analýze možného výskytu vad. Zjištěné problémové okruhy jsou dále podrobena analýze příčin a důsledku prostřednictvím Ishikawova diagramu. Takto zjištěné příčiny vzniku vad jsou východiskem pro návrhy na zlepšení, které jsou založeny na odstranění příčiny vedoucí k vadě.

CÍLE A METODY

Hlavním cílem bakalářské práce je analyzovat výrobní operace na zvolené montážní lince prostřednictvím vhodně zvolených metod a nástrojů. Tato analýza je zaměřena na zkoumání využívání metody Poka yoke, jakým se firma v současné době snaží na této montážní lince předcházet vzniku vad. Cílem je také navrhnout vhodná opatření, která by pomohla současný stav zlepšit.

Při zpracování bakalářské práce je využito několik metod zaměřených na sběr a analýzu informací.

Pro sběr informací byly využity podnikové dokumenty a rozhovory se zaměstnanci. Některé informace byly získány na základě pozorování výrobního procesu.

Pro analýzu informací byly zvoleny nástroje, které jsou dle provedené rešerše vhodné a obecně používané.

První použitou metodou pro analýzu je metoda ABC, která byla uplatněna při volbě reprezentanta výrobního sortimentu. Prostřednictvím této metody jsou získány výrobky reprezentující nejvýznamnější položky výrobního sortimentu. Výsledky ABC analýzy jsou vstupem pro BCG matici.

BCG matice je použita za účelem volby reprezentanta výrobků vzešlých z ABC analýzy. Pomocí této metody je zvolen reprezentant na základě vztahu objemu produkce k jejímu růstu v dalších letech. Cílem je nalezení reprezentanta, který se nachází v sektoru BCG matice s označením „Hvězda“ nebo „Dojná kráva“

Procesní analýza je využita se záměrem rozdělit výrobní proces na části a odhalit možné oblasti pro zlepšení.

FMEA je využita pro zjištění okruhů, kde vznikají různé problémy. Jako vstupní informace jsou využity oblasti pro zlepšení, které byly zjištěny procesní analýzou.

Pomocí Ishikawova diagramu jsou nalezeny příčiny vzniku problémových okruhů a tyto příčiny jsou použity jako východisko pro návrhy na zlepšení prostřednictvím Poka yoke.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DEFINICE POKA YOKE

Koncepci Poka yoke charakterizuje několik autorů téměř totožným způsobem. Dle Svozilové se jedná o nástroj pro předcházení chybám ve výrobním procesu. Podstatou tohoto nástroje je implementace postupu, při kterém je do procesu nebo procesního prostředí zabudován mechanismus, jehož úkolem je zabránit tomu, aby k chybné operaci vůbec došlo. (Svozilová, 2011, s. 164)

Mašín uvádí, že metodika Poka yoke je označení praktického přístupu, který eliminuje důsledky chyb takovým způsobem, že zamezí tomu, aby k těmto chybám vůbec došlo. (Mašín, 2000, s. 257)

Tvrzení těchto dvou autorů potvrzuje Gabryšová, podle které princip metody spočívá ve včasné odhalení změn, které vedou k nežádoucím následkům, přičemž východiskem je chybu identifikovat dříve, než vyvolá nějakou vadu. (Gabryšová, 2008, s. 95)

1.1 Historie metody

Historicky koncept této metody existoval v různých formách již delší dobu, než jej Japonský inženýr Shigeo Shingo vyvinul a popularizoval jako nástroj pro dosažení stavu nula vadných jednotek produkce a eliminaci inspekčních kontrol kvality. Původně tento autor přišel s pojmenováním tohoto nástroje jako Baka yoke, což ve volném překladu znamená „*blbuvzdornost*“. Pojmenování přístupu tímto termínem vyvolalo u japonských pracovníků negativní ohlas, jelikož vnímali vznik této metody jako reakci na jejich hloupost a vinu jednotlivce za vzniklou chybu. Shingo poté přišel s pojmenováním této metody jako Poka yoke, což je překládáno do anglického jazyka jako „*mistake-proofing*“, tedy „*předcházení neúmyslným chybám*“. (Hirano, 1988, s. 11)

Shigeo Shingo tak vynalezl jednoduchý a levný způsob, kterým lze dosáhnout stoprocentní kontroly kvality produkce. (Dennis, 2016, s. 96)

1.2 Zařazení metody

Metodika Poka yoke je využívána v nejznámějších přístupech k řízení jako jsou Toyota Production System (TPS), kde byly položeny její základy. Dále jsou to filozofie zvané Štíhlá výroba (Lean Production), Six Sigma nebo kombinace obou jmenovaných tzv. Lean Six Sigma.

1.2.1 Dle výrobního systému TPS

Výrobní systém Toyota je dle Mondena (2012, s. 16) založen na dvou pilířích, kterými jsou Just in Time a autonomizace, na jejímž základu je Poka yoke založeno. Kombinací těchto dvou pilířů vznikne systém, kdy 100 % jakostní produkce musí mít nepřerušovaný a rytmický tok směřovaný k následujícímu procesu v posloupnosti celého systému. V průběhu tohoto toku je kladen důraz nejenom na kontrolu a zajištění kvality, ale také na respektování lidského faktoru ve výrobě. Pracovníci by také měli dostat možnost podílet se na zlepšovací iniciativách výrobního procesu.

1.2.2 Dle konceptu Štíhlé výroby

Přítomnost Poka yoke v konceptu Lean production lze vyjádřit prostřednictvím tzv. stupňů kvality, přičemž je předpokladem existence pěti stupňů kvality ve štíhlé výrobě. Těmito stupni jsou:

1. Samostatná kontrola
2. Kontrola výrobků operátorem ve výrobě
3. Kontrola následujícími operátory v procesu po převzetí výrobků
4. Zamezení vzniku chyb, standardizace
5. Řízení procesu dodavatele

Filozofie uplatňovaná prostřednictvím metody Poka yoke je tedy zařazena do čtvrtého stupně kvality.

Jedním ze základních pilířů štíhlé výroby je výroba založená na systému tahu, kde se stává kontrola kvality a prevence vzniku vad zodpovědností každého operátora, který je nucen dodržovat tato pravidla:

1. Nikdy neumožnit, aby se vadný výrobek dostal na vaše pracoviště
2. Nikdy nevyrobět vadné výrobky na vašem pracovišti
3. Nikdy neumožnit, aby vadný výrobek opustil vaše pracoviště

Tato tři pravidla lze splnit právě aplikací principu Poka yoke.

(Vývojový tým vydavatelství Productivity Press, 2008, s. 50-51)

Aby byla metodologie Lean účinná, vyžaduje mimo jiné zaměření na proces jako nositele kvality, což vyžaduje splnění následujících předpokladů:

1. Proces musí být správně navržen, teprve poté je možné, aby výrobky dosahovaly požadované kvality
2. Proces musí být plynulý a vyvážený, nebude tak zatěžován náklady na pokrytí špiček či skladování
3. Proces musí produkovat to, co zákazník žádá a tehdy, kdy to potřebuje. Podnik tak nebude muset soutěžit o každý prodaný kus
4. Proces se musí soustředit na kvalitu každé dílčí operace, nebude tak zatěžován náklady na opravy či přepracování

Pro účinnost přístupu Lean je tedy klíčový návrh systému, v němž jsou chyby nemožné, což lze dosáhnout využíváním mechanismů Poka yoke.

(Svozilová, 2011, s. 33)

1.2.3 Dle pojetí Six Sigma

Historie Six Sigma je mnohem kratší než například koncept štíhlé výroby. Za období vzniku Six Sigma je považováno období sedmdesátých let, kdy společnost Motorola převzali japonští vlastníci. Před příchodem japonských vlastníků vycházely z výrobních linek výrobky, z nichž byl vadný každý pátý kus. Majitelé si stanovili za cíl vyrábět výrobky s vyšší kvalitou, za použití stejných technologií, dělníků a výrobních vzorů a to všechno dokonce s nižšími náklady. Cestu hledali až do poloviny osmdesátých let, kdy byl vytvořen koncept Six Sigma, který zaujal přední místo v metodologiích užívaných při zlepšování podnikových procesů.

Kvalita produkce v pojetí Six Sigma vychází ze dvou základních hodnot a vztahu mezi nimi. Těmito hodnotami jsou:

1. Potenciální kvalita – to, čeho lze v oblasti kvality dosáhnout
2. Skutečná kvalita – to, čeho proces dosahuje

Rozdíl mezi potenciální a reálnou kvalitou je vyjádřen jako **plýtvání**. Six Sigma se tedy zaměřuje na zlepšování kvality výrobků tím, že se snaží odstranit tuto formu plýtvání a dochází tak k tomu, že podnik vyrábí lépe, rychleji a levněji. Jednou z možností pro snížení tohoto plýtvání je právě využití Poka yoke, které umožňuje snižování variability.

Co se týče názvu této metodologie, tak „Sigma“ vyjadřuje výtěžnost výrobního procesu (podíl kvalitní produkce z celkově vygenerované produkce). „Six“ v názvu určuje úroveň dosažené vyspělosti procesu. Tato úroveň je nalezena prostřednictvím statistického výpočtu. Úroveň procesu pracujícím na úrovni šesti sigma (Six) je taková, že tento proces je schopen vyrobit jeden milion jednotek výstupu, přičemž přibližně 3 jednotky výstupu mohou být vadné. U úrovně čtyř sigma je připouštěno 6210 závad na stejný objem výstupu. (Svozilová, 2011, s. 24)

1.3 Filozofie metody

Dle filozofie přístupu Poka yoke nemůže být akceptováno ani malé množství chyb a nejlepším způsobem, jak toho dosáhnout je využít tento nástroj, jenž má preventivní charakter. Cestou k dosažení této filozofie je zabudování kontrolních prvků do výrobního procesu. Tyto prvky se soustředí na počáteční fáze procesu a na vstupní zdroje předtím, než jsou aplikovány činnosti, které vstupům přidají další hodnotu. (Svozilová, 2011, s. 164)

Tímto přístupem je dosaženo toho, že vždy před zahájením nové operace je provedena kontrola operace předcházející, která dokáže detekovat její chybné provedení vedoucí k vadě výrobku. Je tak zamezeno tomu, že by kontinuálně prováděné operace byly prováděny s vadným vstupem.

Princip, na kterém je tento systém založen je nazýván **autonomizace**, což je definováno jako: „*Přenesení lidské inteligence na stroje tak, že jsou schopny se automaticky zastavit, spustit, naložit, vyložit se, stejně jako identifikovat výskyt vady a signalizovat potřebu pomoci.*“

(Mašín, 2005, s. 10)

Koncept autonomizace byl aplikován poprvé na začátku dvacátého století, když S. Toyoda vynalezl automatický stav, který se při přetržení vlákna zastavil. Tento koncept se tak stal jedním ze dvou hlavních pilířů výrobního systému Toyota. Prostřednictvím autonomizace je možno dosáhnout stavu, kdy je operátor výrobního zařízení uvolněn z nepřetržitého dohledu nad výrobním procesem a je mu tak umožněno vykonávat jiné činnosti přidávající hodnotu nebo zvyšující stabilitu procesu či kvalitu výsledné produkce.

Za největší výhodu autonomizace je dle Mašína (2005, s. 10) považováno to, že jejím prostřednictvím lze za relativně nízké pořizovací náklady dosáhnout vysokých výhod automatizace. Autor uvádí, že může být dosaženo až 80 % výhod automatizace.

2 CHYBY VE VÝROBNÍM PROCESU

Aplikovat koncepci Poka yoke prostřednictvím jejich mechanismů je možné teprve poté, až jsou definovány druhy chyb, které se ve výrobním procesu mohou vyskytnout.

Filosofie metody Poka yoke vychází z předpokladu, že téměř všem chybám lze předejít. Aby bylo možné těmto chybám předejít je nutno identifikovat kdy, kde a proč chyby vznikají a následně učinit opatření, která umožní těmto chybám předcházet.

Mašín (2005, s. 34) definuje **chybu** jako porušení libovolné podmínky, jež je nezbytná pro dosažení správného a kvalitního výstupu ze strany lidí. **Vada** je pak považována za následek chyby, nebo jinak řečeno chyba je příčinou vady.

2.1 Chyby jako původce plýtvání

Za plýtvání považujeme činnost, která nepřidává výrobku hodnotu a ani jej žádným způsobem nepřibližuje k zákazníkovi. Je tedy za všech podmínek nežádoucí.

Mašín (2000, s. 45) uvádí 7+1 druhů plýtvání, které jsou ve Výrobním systému Toyota pojmenovány jako MUDA. Mezi plýtvání řadí tyto činnosti:

1. Nadvýroba
2. Čekání
3. Zbytečná manipulace
4. Špatný postup
5. Zásoby a rozpracovanost
6. Zbytečné pohyby
7. Chyby a vady
8. Nevyužití lidí

Jak lze vidět na výčtu druhů plýtvání, chyby a vady jsou jedním z druhů plýtvání. Z chyby ve výrobním procesu může však vyplývat i jiný druh plýtvání. Například vznikne-li velké množství nekvalitní produkce, může tak dojít ke zbytečné manipulaci plynoucí z přemísťování těchto vadných výrobků, případně dojde k vytvoření zásoby vadné produkce čekající na opravu nebo posouzení.

2.2 Faktory ovlivňující kvalitu produkce

Dle Mašína (2000, s. 252) existuje 5 faktorů, které svým vzájemným působením rozhodují o tom, zda je výrobek vyroben správně nebo je považován za vadný. Následující faktory jsou přítomny v každém pracovním systému.

1. Pracovník
2. Stroj
3. Pracovní postup
4. Materiál
5. Informace

Chyba tedy vznikne špatným vzájemným působením těchto pěti faktorů, přičemž nejčastějším původcem chyby je dle autora lidský faktor. Gabryšová (2008, s. 95) definuje příčiny chybování pracovníků doprovázející prakticky každý pracovní proces. Těmito příčinami jsou:

1. Jasný záměr nebo úmysl pracovníka
2. Nedostatečná kvalifikace personálu
3. Nedostatečná, či chybějící technika
4. Přehnané požadavky na pracovníka
5. Nepozornost pracovníka a chybějící koncentrace
6. Nevysvětlitelný způsob jednání

Při aplikaci Poka yoke je možnost výskytu těchto příčin chybování co nejvíce snižována, čímž může dojít k zabránění vzniku vady.

2.3 Druhy chyb ve výrobním procesu

Hirano (1988, s. 10-11) definoval 10 druhů chyb vedoucích ke vzniku vad výrobku. Při této definici vychází z tvrzení, že nejčastější příčinou vzniku chyby ve výrobním procesu je lidský faktor.

Mašín (2000, s. 254) potvrzuje Hiranovu definici 10 druhů chyb ve výrobním procesu a přidává další 2, čímž je definováno 12 druhů lidských chyb ve výrobním procesu. Tyto druhy chyb jsou blíže popsány v následující tabulce.

Tabulka 1: Klasifikace lidských chyb (Mašín, 2000, s. 254)

Druh chyby	Příklad	Preventivní nástroje
Chyby vlivem neznalostí	Záměna brzdy a spojky v autě s automatickou převodovkou	Kontrola, systém dílenského vzdělávání a tréninku, vizuální management
Chyby ze zapomnětlivosti	Opomenutí namontování dílce při montáži	Kontrola, prostředky průmyslové automatizace
Chyby z přehlédnutí	Záměna drobných dílců	Vizuální management, barevné a tvarové rozlišení dílů, kontrola
Chyby z nerespektování pravidel	Samovolné nastavování parametrů na stroji	Systém dílenského vzdělávání a tréninku, vizuální management
Chyby z nepozornosti	Pracovník je při práci duchem nepřítomen	Prostředky průmyslové automatizace
Chyby z pomalé reakce na vzniklou situaci	Pozdní vypnutí stroje při výskytu abnormality	Systém dílenského vzdělávání a tréninku, varovná světla
Chyby z diletantství (amaterismu)	Pracovník nemá dostatek zkušeností s danou operací	Týmová práce, vzdělávání a trénink, vizuální management
Chyby spojené s akumulací drobných nedostatků	Porucha stroje	TPM a standardizace
Chyby z absence standardů	Nejsou k dispozici pracovní standardy	Obrázkové standardy, vizuální management
Chyby z důvodu ergonomicky nevhodného pracoviště	Nástroj je svým řešením předurčen k děláni zmetků	Ergonomické řešení, zlepšení uspořádání pracoviště
Chyby vlivem nevhodné konstrukce výrobku	Mnoho tvarově zaměnitelných dílů na montáži	Nástroje simultánního inženýrství (např. DFM, DFMA)
Chyby záměrné	Pracovní humor	Týmová práce, pracovní disciplína, systém odměňování

Na základě chyb popsaných v předchozí tabulce byly také definovány vady, jež jsou důsledkem těchto chyb. Obecně jsou rozlišovány tyto vady:

1. Záměna dílu při montáži
2. Chybějící díl
3. Přebývající díl
4. Vynechání operace
5. Špatně seřazený stroj
6. Špatně nastavený přípravek
7. Chyba v provedení operace
8. Záměna polotovaru nebo záměna přípravku
9. Opotřeбенý nástroj

(Mašín, 2000, s. 253)

2.4 Způsoby předcházení chybám

Aby bylo možné chybě předejít, je třeba nejdříve zjistit její výskyt a teprve poté lze pomocí různých prostředků této chybě předejít. To tvrdí i Mašín (2005, s. 34), který říká: *„Pro dosažení uspokojivých výsledků musíme těmto chybám dobře rozumět a studovat je. Jedině pochopení lidských chyb nám dává možnost pro jejich eliminaci.“*

Svozilová (2011, s. 165) definuje tři hlavní skupiny nástrojů pro předcházení chybám:

1. **Varování**, poskytující upozornění na vznik možného problému, přičemž jeho řešení je přenecháno obsluze montážního zařízení.
2. **Automatické uzávěry**, přerušující činnost. Tyto uzávěry jsou efektivní v tom, že jsou prvkem nutícím obsluhu zařízení vyřešit problém související se vzniklou chybou. V případě nevyřešení problému není obsluze umožněno pokračování v provozu.
3. **Automatické korektory**, provádějící samočinnou opravu vzniklého problému.

Autorka tvrdí také, že využití těchto nástrojů je velmi účinné, jelikož aplikací těchto opatření je zabráněno vzniku chyb a je tak ušetřena nutnost, aby obsluha zařízení věnovala těmto automatizovatelným zábranám pozornost, která může být věnována operacím, jež těmto pomůckám svěřit nelze. Tímto přístupem je možné osvobodit pracovníky od monotónních činností a tím pádem od psychické zátěže.

Problematikou těchto nástrojů se zabývá také Mašín (2000, s. 255), který tvrdí, že účinnost spočívá v kontrole vzniku chyb, jež může mít trojí charakter:

1. Kontrola odhalující následky chyb
2. Kontrola redukující následky chyb
3. Kontrola eliminující následky chyb

Dennis (2005, s. 98) členění těchto dvou autorů potvrzuje, nicméně doplňuje toto tvrzení o podmínky, které by tyto nástroje měly splňovat. Tvrdí, že by tyto nástroje měly být:

1. Jednoduché, odolné a nenáročné na údržbu
2. Levné
3. Navrženy s ohledem na pracovní podmínky

Pro výskyt chyby ve výrobním procesu uvádí Hirano (1988, s. 16) dva možné stavy. Prvním z nich je, že k chybě už došlo. V takovém případě je úkolem mechanismů tuto chybu **detekovat**. V druhém případě by k chybě potenciálně mohlo dojít a je tedy třeba tuto chybu **predikovat**.

2.5 Nástroje pro detekci chyb

Detekce chyb probíhá prostřednictvím **kontroly zdrojů vad**, což je kontrola zaměřená na lidské chyby jako hlavní zdroje vad. Tato kontrola je vykonávána v rámci filozofie nulových vad a je zpravidla prováděna v místě možného vzniku lidské chyby a následné vady.

K detekci chyb ve výrobním procesu jsou dle Mašína (2000, s. 259) využívány jak klasická mechanická řešení, tak prostředky moderní průmyslové automatizace. Obecně je využíváno dvou druhů mechanismů:

1. **Kontaktní** – odhalení defektu přímým stykem výrobku s kontrolním prvkem. Nejčastěji je tento druh používán pro detekci přítomnosti jakéhokoliv předmětu. Mezi tyto prostředky jsou nejčastěji zařazeny různé mikrospínače a koncové spínače, mechanické senzory posuvu či vzdálenosti, váhy a měřiče objemu.
2. **Bezkontaktní** – odhalení defektu prostřednictvím fotoelektrického snímače a spínače. Obecně mohou být rozděleny na:
 - a. Reflexní – jedna jednotka pro vysílání světelného paprsku a druhá jednotka pro jeho příjem
 - b. Transmisní – jednotka snímá i vysílá světelný paprsek

Každé z těchto řešení je vhodné pro detekci různých defektů. Hirano (1988, s. 17) nastínil, který ze způsobů je vhodné využívat pro různé druhy kontrol. Ty jsou popsány v následujících podkapitolách.

2.5.1 Identifikace předmětů dle jejich charakteristik

Hirano (1988, s. 17) uvádí, že pro detekci přítomnosti předmětů je nejčastěji využíváno kontaktních mechanismů. Tyto mechanismy mohou fungovat na základě kontroly tvaru tělesa vstupujícího do montážní operace, na základě hmotnosti tohoto tělesa nebo na jeho rozměrech. Pro identifikaci vstupních součástí dle jejich znaků musíme stanovit normy pro rozměry, pro tvarové znaky (úhly, obrysy, polohy otvorů, prohnutí), hmotnostní normy a identifikovat přípustné odchylky od stanovených hodnot.

2.5.2 Detekce odchylek od výrobního postupu

Při tomto druhu kontroly je cílem zjištění odchylek od technologického postupu, jež je pro daný výrobek stanoven. Předmětem kontroly je v tomto případě splnění nebo vynechání předchozí výrobní operace.

Tato kontrola může probíhat ve dvou formách:

1. **Metoda sledu operací** – následující kroky nemůžou být prováděny v jiném pořadí, než je stanoveno technologickým postupem.
2. **Metoda z procesu do procesu** – následující krok nemůže být prováděn, pokud předcházející krok nebo série kroků byla vynechána.

Pro kontrolu těchto odchylek je možno využít jak kontaktních, tak bezkontaktních prostředků. Obvykle je pro tento druh kontroly třeba centrálního řídicího prvku, jež porovnává stanovený výrobní postup a stav prováděného výrobního postupu.

2.5.3 Detekce odchylek od stanovených hodnot

Při této kontrole je prováděno měření kritických výrobních parametrů. V případě odchylky mimo toleranci je operace zastavena do té doby, než jsou parametry výrobku upraveny.

Předmětem kontroly může být kritický faktor při výrobě jako například tlak, teplota, čas atd. Stejně jako u předchozích případů je zamezeno pokračování v postupu, pokud se měřená hodnota nenachází ve stanoveném rozsahu.

(Hirano, 1988, s. 17)

2.6 Nástroje pro signalizaci detekovaných chyb

Většina systémů pro předcházení chybám používá pro signalizaci detekované chyby světelnou signalizaci prostřednictvím andonových výstražných světelných signálů a digitálních displejových panelů.

2.6.1 Andon a výstražné světelné signály

Monden (2012, s. 231) tvrdí, že každá výrobní linka by měla být vybavena výstražnými světly a andonovou tabulí. Výstražné světlo, je využito k přivolání vedoucího pracovníka, pracovníka údržby nebo jiného pracovníka. Světelná signalizace obvykle obsahuje několik barev světelné signalizace, přičemž každá z nich je použita pro jiný typ problému. Většina výrobních linek má světelnou signalizaci umístěnou takovým způsobem, aby bylo možné vidět signál o detekování výskytu abnormality i z větších vzdáleností.

Andon

Dle Mondena (2012, s. 231) se jedná o označení tabule obsahující výčet všech výrobních linek sledující jejich činnost v reálném čase. Je-li některá z výrobních linek z nějakého důvodu zastavena, je tato skutečnost ihned viditelná na andonové tabuli. Každý pracovník výrobní linky má k dispozici vypínač, který mu umožňuje zastavit výrobní linku z důvodu poruchy nebo časového prodlení na jeho pracovišti. Příslušný pracovník je tak prostřednictvím tabule o této skutečnosti okamžitě informován a je vyzván k tomu, aby vzniklý problém řešil. Ve většině případů má andon barevně rozlišené světelné signály indikující stav výrobní linky. Každá z těchto barev má rozdílný význam.

Mondenovo tvrzení potvrzuje i Mašín (2005, s. 9), který tvrdí že za andon považujeme za zařízení upozorňující na defekty, stav strojního zařízení a jiné problémy. Toto upozornění probíhá prostřednictvím světla, jež přitahuje pozornost pracovníka k určitému místu nebo zařízení.

Tabulka 2: Význam jednotlivých barev při světelné signalizaci
(Monden, 2012, s. 232)

Barva signalizace	Význam signalizace
Červená	Porucha zařízení
Bílá	Dokončení výroby, požadovaná výrobní dávka byla dokončena
Zelená	Bez práce z důvodu nedostatku materiálu
Modrá	Vadná jednotka produkce
Žlutá	Vyžadováno seřízení



Obrázek 1: Výstražná světelná signalizace (realkaizen.com, 2012-2017)

2.6.2 Digitální panely s displejem

Průběh výroby bývá také znázorněn na displeji informačního panelu. Toto zařízení informuje pracovníka o výrobním plánu pro danou směnu, a jaká část tohoto plánu je již splněna. To umožňuje kterémukoliv pracovníkovi výrobní linky zjistit, které zařízení pracuje pomalu a neplní denní cíl a je tedy třeba drobné výpomoci, aby bylo stanoveného cíle dosaženo. Stejně jako výstražná světelná signalizace a andonové tabule je digitální displej výrobní linky schopen informovat obsluhu o vzniklém problému a prodlení v reálném čase. (Monden, 2012. s. 234)

3 ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ

Dle Svozilové (2011, s. 28) je jedním z východisek pro zlepšování procesů uvědomění si **hodnoty**, tedy toho co zákazník požaduje, ocení, očekává a za co je ochoten zaplatit. Aby bylo možné procesy zlepšovat a tedy navrhnout správné korekce, je nutné uvědomit si požadavky, jaké jsou na procesy kladeny. Tyto požadavky mohou být ve formě objemu produkce, rychlosti reakce na změnu poptávky nebo kvality.

Hodnota je tedy definována požadavkem zákazníka, zatímco metody pro zlepšování procesů jsou stanoveny na základě toho, jaký problém je žádoucí odstranit. Metodu pro zlepšování volíme na základě toho, zda se zaměřujeme na:

1. Zvyšování kapacity procesů – zaměření na objemové a časové parametry procesů
2. Zvyšování kvality produktů – zaměření na problémy, které mají vliv na vznik závad a jejich eliminace
3. Snižování nákladovosti – sledování plynulé návaznosti úkonů, odstranění činností nepřispívajících ke tvorbě hodnoty
4. Zvyšování předvídatelnosti – zaměření na proces z pohledu chybovosti, dosažená kvalita nesmí být náhodným jevem

Prostřednictvím Poka yoke lze dosáhnout zvýšení kvality produktů a zároveň aplikace tohoto přístupu přispívá ke zvyšování předvídatelnosti procesu. Lze dosáhnout také snížení nákladů souvisejících s nejakostní produkcí.

Svozilová (2011, s. 88) tvrdí, že základem pro zlepšování procesů je jeho poznání, které může být založeno na pozorování procesu, rozboru zjištěných informací, osvojování znalostí a jejich užití vedoucí ke změně stávajícího stavu ke stavu budoucímu, který má naplňovat určité požadavky stanovené specifickým cílem.

Pro vypracování zlepšovatelských projektů se obecně opakuje několik standardních postupů, které jsou ve většině poznávacích modelů založeny na principu *Výběr-Návrh-Poučení*.

Prakticky všechny metodologie neustálého zlepšování vycházejí z tzv. Demingova PDCA cyklu, jež je využíván pro neustálé zlepšování. Pojmy neustálé zlepšování a PDCA cyklus jsou blíže popsány v následujících podkapitolách.

3.1 Neustálé zlepšování

Nenadál (2016, s. 276) definuje neustálé zlepšování jako opakující se činnosti vedoucí ke zvyšování výkonnosti. Neustálé zlepšování má dvě základní charakteristiky:

1. Nejedná se o jednorázové činnosti, nýbrž o činnost vykonávanou soustavně
2. Výsledkem není pouze vyřešení problému, ale hlavním cílem je posun na novou úroveň výkonnosti, jež v organizaci dosud nebyla dosažena

Za původ neustálého zlepšování je považováno slovo Kaizen pocházející z japonštiny, jehož význam se překládá jako „*změna k lepšímu*“ nebo „*neustálé zlepšování*“. Kaizen je přístup pocházející z výrobního systému Toyoty, kde je považován za nedílnou součást. Výrobní systém Toyoty je prioritně zaměřen na dosažení provozní excelence. (Veber, 2016, s. 71)

3.2 Demingův cyklus PDCA

Jedná se o cyklus činností vykonávaných v rámci 4 fází zlepšovatelejších projektů. Těmito fázemi jsou:

1. Plan – určení záměru (co by mělo být zlepšeno)
2. Do – uskutečnění záměru
3. Check – vyhodnocení toho, jak se podařilo záměr naplnit (zda bylo dosaženo předpokládaného zlepšení)
4. Act – korekce v případě, že nebylo dosaženo předpokládaného zlepšení

Tyto čtyři fáze jsou obvykle identifikovány v základních souborech činností. U každé ze souboru činností jsou identifikovány výstupy, přičemž jsou tyto výstupy použity jako vstup do činností následujících. Těmto činnostem jsou také přiřazeny vhodné metody a nástroje.

Nenadál (2016, s. 277) v rámci těchto činností definoval vhodné metody a nástroje pro analýzu a zlepšení procesů. Nástroje a metody, které je vhodné užít v rámci fází cyklu PDCA jsou uvedeny v následujících podkapitolách.

3.2.1 Plan

V rámci fáze „*Plánuj*“ lze dle Nenadála (2016, s. 277) použít pro definici a zadání cílů například brainstorming. Pro sběr a analýzu dat, jejíž výstupem má být popis problému, doporučuje procesní analýzu a popis procesu. U analýzy příčin jsou vhodné metody a nástroje jako: Metoda ABC, Ishikawův diagram nebo popis procesu. V rámci plánování řešení problému uvádí nástroj FMEA.

3.2.2 Do

U fáze „*Dělej*“ je úkolem Implementace řešení prostřednictvím realizace návrhu řešení pilotního projektu. Jako vhodné metody a nástroje jsou definovány např. 5S, Kanban nebo Poka-yoke.

3.2.3 Check

Činností zahrnutou do fáze „*Ověř*“ je monitorování výsledků. Toho je dosaženo vedením záznamů z procesů a ekonomických rozborů. Jako vhodný nástroj je uvedena opět FMEA.

3.2.4 Act

Fáze „*Reaguj*“ vybízí ke standardizaci řešení, které vede k aplikaci nového řešení do praxe. Za možné nástroje použité v této fázi jsou považovány plány kvality, interní audity nebo výcvik zaměstnanců-

3.3 Nástroje a metody pro analýzu procesu

Pro analýzu současného stavu procesu z hlediska jeho bližšího poznání nebo analýzy příčin vzniku problémů lze použít řadu metod a nástrojů.

V následujících podkapitolách jsou představeny nástroje a metody, které jsou využity v rámci praktické části bakalářské práce. Byly zvoleny nástroje a metody, které doporučuje Nenadál (2016, s. 277-279). Toto doporučení je zmíněno v podkapitolách Plan, Do, Check a Act.

3.3.1 ABC analýza

Dle slovníku IPA je tento nástroj založen na principu Paretova pravidla a vychází tedy z předpokladu, že jen několik faktorů významně ovlivňuje celkový problém.

Jednou z možností využití této metody je volba reprezentanta výrobních skupin. Reprezentant zvolený prostřednictvím této metody je následně využíván v dalších fázích projektu.

K této volbě je možné se dopracovat seřazením jednotlivých položek dle jejich vlivu na sledovaný jev, čehož docílíme vyjádřením kumulovaného vlivu. Takto seřazené položky jsou poté rozčleněny do tří kategorií:

1. Kategorie A reprezentující položky s největším podílem na celkovém objemu výroby. Představují až 70 % z celkového objemu výroby.

2. Kategorie B obsahuje položky se střední výškou objemu produkce. Dosahují až 20 % celkového objemu výroby.
3. Kategorie C zahrnuje položky s velmi nízkým podílem na celkovém objemu produkce. Je zde zařazeno 10 % objemu produkce.

(ipaczech.cz, © 2012)

3.3.2 BCG matice

Tomek a Vávrová (2007) tvrdí, že tento nástroj je využíván pro analýzu výrobního portfolia. BCG matice umožňuje vizualizovat strategické problémy podniku, což lze použít jako podklad pro vytváření podnikových strategií zaměřených na budoucnost podniku.

Nejčastěji je prostřednictvím BCG sledován vztah tržního růstu a tržního podílu produkčního portfolia. Na základě tohoto vztahu je možné produkty rozřadit do čtyř kvadrantů, kterými jsou Hvězdy, Dojné krávy, Bídící psi a Otazníky.

3.3.3 Procesní analýza

Dle Mašína (2005) je cílem procesní analýzy nalezení nesrovnalostí, nedostatků a iracionalit. Tato analýza se zaměřuje na jednotlivé prvky pracovní operace, které jsou následně zařazeny jako typ činnosti, přičemž je rozlišováno 5 typů:

1. Operace
2. Čekání
3. Skladování
4. Transport
5. Kontrola

Pro snadnější orientaci jsou tyto typy znázorněny pomocí symbolů.

Na základě zjištěných nedostatků je následně přistoupeno k jejich eliminaci, či jiné formě zlepšování

3.3.4 FMEA

Pod zkratkou FMEA je ukryt název nástroje používaného pro analýzu potenciálních problémových vlivů a jejich důsledků. FMEA je zaměřena na identifikaci způsobů, kterými může produkt, služba nebo proces selhat. (Svozilová, 2011, s. 165)

Dle Mašina (2005, s. 25) se jedná o strukturovanou formu metody zaměřenou na určení projevu a závažnosti potenciálních vad. Tato analýza se také zabývá identifikací zdrojů těchto vad a návrhem opatření, jejichž aplikací by bylo možné těmto vadám předcházet.

FMEA může být použita v několika souvislostech:

1. FMEA návrhu je zaměřena na návrh nových procesů, výrobků nebo systémů před jejich zavedením. Cílem je zjištění způsobů, jak může dojít ke generování vadných výrobků. Je využívána pro definování postupů pro předcházení chybám.
2. Procesní FMEA je označována též jako PFMEA. Zaměřuje se na úpravy již existujících procesů
3. Systémová FMEA analyzuje systém a jeho komponenty v počátečních stádiích návrh a vývoje

Analýza problémových vlivů a jejich důsledků je zpracovávána formou tabulky, kde je první sloupec tvořen významnými kroky procesu. Ve druhém sloupci se nachází seznam možných chyb či problémových okruhů. Ve třetím sloupci jsou uvedeny možné důsledky problémových vlivů. Tyto důsledky jsou následně kategorizovány vy třech rovinách. Je sledována pravděpodobnost výskytu, závažnost a možnosti indikace potenciálního chybného stavu. Tato kategorizace probíhá u každé roviny na stupnici 1 až 10. Takto určená kategorie pomocí čísla je poté využita pro výpočet tzv. rizikového čísla, které vyjadřuje prioritu rizika.

Pro výpočet rizikového čísla (RPN) platí vztah:

$$RPN = \text{závažnost} \times \text{pravděpodobnost výskytu} \times \text{indikace}$$

Problémové okruhy s vysokým rizikovým číslem, jsou následně důkladněji analyzovány a jsou navrženy strategie pro jejich odstranění. Je postupováno od nejvyšších hodnot rizikového čísla. (Svozilová, 2011, s. 166)

3.3.5 Ishikawův diagram

Analytický nástroj připomínající „Rybí kost“ je pojmenován podle jeho stvořitele, jímž byl Kaoru Ishikawa. Je používán pro analýzu příčin a důsledků a umožňuje zkoumat vztah mezi ději a jejich vlivem na další vývoj procesu. Základem je správně pojmenovat vlastní problém, teprve poté lze naléznout jeho příčinu. Analýzou příčin a důsledků jsou zaměřeny nejenom na hledání potřebného logického detailu, ale lze pomocí této analýzy vytvořit ucelený výčet všech možných vlivů. Ishikawův diagram může být zpracován v různých úrovních detailu a analýza probíhá nejčastěji formou brainstormingu.

Tento nástroj je všeobecně užíván ve zlepšovateckých týmech k zjišťování potenciálních příčin ovlivňujících určitý jev nebo stav nedostatečné kvality.

Diagram má podobu rybí kosti, přičemž hlava ryby představuje řešený problém. Tělo ryby reprezentuje hlavní děje a jejich vlivy. Jednotlivé děje jsou znázorněny prostřednictvím rybích kostí. (Svozilová, 2011, s. 161)

4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Metoda Poka-Yoke je označení pro přístup, který se pomocí svých zabudovaných mechanismů snaží o předcházení vzniku vad ve výrobním procesu. Jelikož je metoda, založena na principu, který říká, že je lepší vadám předcházet, než nést jejich následky, tak metoda funguje nějakým způsobem již delší dobu. K jejímu rozšíření přispěl Shingeo Shingo, který tuto metodu popularizoval a aplikoval do podmínek výrobního systému Toyota.

Přístup uplatňovaný touto metodou je využíván v moderních přístupech k výrobě, jako je Štíhlá výroba nebo strategický nástroj pro řízení kvality Six Sigma. Využití je také nalezeno v kombinaci těchto dvou nástrojů, jež nese pojmenování Lean Six Sigma. Jak již bylo zmíněno, základ Poka-Yoke byl položen ve výrobním systému Toyota.

Aby bylo možné prostřednictvím metody Poka-Yoke předcházet vadám, je nutné znát a studovat chyby ve výrobním procesu, které by vedly ke vzniku této vady.

Poka-Yoke umožňuje vzniklou chybu detekovat, upozornit na její vznik, vyžadovat opravu nebo provést opravu samovolně v případech, kdy to je možné. K detekování chyby metoda využívá kontaktní nebo bezkontaktních prostředků, prostřednictvím kterých lze možno odhalit odchylky od výrobního postupu, parametrů výrobku nebo přítomnost určité součástky. K signalizaci odhalené vady metoda využívá světelnou signalizaci, andon nebo digitální panely s displejem, které mohou sloužit jako centrální řídicí prvek.

U přístupu, kdy se firma snaží o neustálé zlepšování je pro řízení zlepšovateľských iniciativ využíváno strukturovaného Demingova cyklu PDCA, který rozděluje zlepšovateľské činnosti do čtyř částí. První z nich je fáze plánování, která zahrnuje analýzu současného stavu a návrh zlepšení. Druhá fáze představuje provedení navrženého řešení, které je následně sledováno ve třetí fázi, která podává zpětnou vazbu o provedeném zlepšení. Ve čtvrté fázi dochází ke korekcím při nesplnění cíle zlepšování.

Pro analýzu výrobního procesu z hlediska prevence vzniku vad jsou využívány různé nástroje. Nejdříve je třeba určit, který proces bude analyzován a následně lze provést analýzu. K odhalení nedostatků procesu lze využít procesní analýzu. K odhalení problémových okruhů a jejich bližšímu zkoumání slouží FMEA. Nalezení příčin problémů ve výrobním procesu lze provést prostřednictvím Ishikawova diagramu. Teprve po nalezení příčin, lze přistoupit k návrhům na zlepšení, které jsou založeny na principu Poka-Yoke. Návrhy na zlepšení vycházejí z odstranění příčin, které by vedly k chybám, které mají za následek vady.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Firma Hanon Systems se zabývá vývojem a výrobou komponent klimatizační a chladicí techniky pro automobilový průmysl. Jedná se o komponenty pro topení, ventilaci a klimatizaci, kompresory, systémy pro chlazení pohonných jednotek, systémy pro distribuci kapalin a řešení chlazení baterií pro elektromobily a hybridní vozy.

Mezi zákazníky společnosti patří například Ford, VW, PSA Peugeot Citroën, GM, Jaguar Land Rover, Mercedes, BMW, Porsche, Volvo, McLaren, Renault a další.

(Jobs.cz, 2017)

5.1 Základní informace

Název: Hanon Systems Autopal, s. r. o.

Adresa: Lužická 984/14, 741 01 Nový Jičín

IČO: 26914620

Datum zápisu: 15. 12. 2003

Právní forma: Společnost s ručením omezeným

Předmět podnikání:

- Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona
- Zámečnictví, nástrojářství
- Činnost účetních poradců, vedení účetnictví, vedení daňové evidence

(Rejstřík firem, 2017)



Obrázek 2: Logo společnosti Hanon Systems, s. r. o. (jobs.cz, 2017)

5.2 Historie firmy

Firma byla založena v roce 1879 Josefem Rotterem pod názvem Autopal. Počáteční výrobní sortiment firmy zahrnoval výrobu lamp pro kočáry, později motorová vozidla. Poté se firma jako národní podnik stala monopolním dodavatelem svítlen a světlometů pro tuzemské výrobce Škoda, Tatra a Avia. V roce 1993 byla firma privatizována a odkoupena firmou Ford Motor Company. Po restrukturalizaci v roce 2000 byla firma převedena do divize Visteon a oddělena od společnosti Ford. V následujícím období společnost patřila mezi 100 nejvýznamnějších firem České Republiky. Výroba světlometů byla ukončena v roce 2012, kdy

došlo k odkoupení světelní části firmy indickou společností Varroc Group. (Wikipedia, 2017)

Na počátku roku 2013 byl podnik začleněn do společnosti HVCC (Halla Visteon Climate Control), společného podniku Visteon Corporation a korejské pobočky HCC (Halla Climate Control). Od roku 2015 je společnost součástí holdingu Hahn & Co Auto Holding a vystupuje pod názvem Hanon Systems. Firma se tímto stala druhou největší společností ve svém oboru. (Hanon Systems, 2016)

5.3 Výrobní program firmy

Společnost se zaměřuje na sériovou výrobu rozsáhlého systému součástek pro chlazení pohonných jednotek a klimatizační techniky pro automobilový průmysl. Výrobky této firmy můžeme nalézt v automobilech světových značek.

Výroba těchto komponent zahrnuje lisování, tváření, odlévání a vstřikování součástek z hliníku a plastu. Takto vzniklé součástky jsou následně smontovány, spájeny a odeslány zákazníkovi, který provede montáž těchto součástek do právě vyráběného automobilu.

Firma při výrobě využívá nástrojů štíhlé výroby a strategii řízení Six Sigma, aby bylo dosaženo toho, že produkce bude v maximální míře uspokojovat požadavky zákazníka tím, že je vyráběno pouze to, co zákazník potřebuje, v požadované kvalitě, v co nejkratším časovém horizontu a s minimálními náklady.

5.4 Výrobní závod Hluk

V České Republice se nachází celkem čtyři závody firmy Hanon Systems Autopal s. r. o. z celkového počtu 40 závodů po celém světě. V České Republice jsou dva umístěny v Novém Jičíně, další se nachází v Rychvaldu a poslední můžeme nalézt v Hluku. Další nejbližší závody se nachází ve slovenské Ilavě, německém Kerpenu nebo maďarském Székesfehérváru. (Hanon Systems, 2016)

5.4.1 Základní informace

Adresa: Závodní 1007, 687 25 Hluk

Rozloha výrobního závodu: 85 303 m²

Výrobní plocha: 24 900 m²

Kanceláře: 3 520 m²

Skladovací prostory: 8 366 m²

Počet zaměstnanců: 720 + průměrně 230 agenturních pracovníků ve výrobě, 123 administrativních pracovníků

Certifikace: ISO/TS 16949, ISO 14001, Q1 Ford Certification, VDA 6.1, OHSAS 18001

(Interní materiály podniku, 2017)

5.4.2 Výrobní program závodu

V současné době se v závodu nachází moderní automatizovaná výroba s označením „CAB“ (Controlled Atmosphere Brazing). Překlad této zkratky znamená: pájení v řízené atmosféře. Konkrétně se jedná o pájení hliníku v dusíkové atmosféře. Tato výroba produkuje chladiče zejména pro automobilky Audi, Ford, Jaguar, Mazda, ale také pro další zákazníky. Vyráběny jsou zde také klimatizace pro automobilky Ford, VW, Jaguar, Mazda a McLaren.

Dalším výrobkem jsou tzv. tepelné výměníky pro recirkulaci spalin s označením „EGR“ (Exhaust Gas Recirculation), které odebírají zákazníci jako Ford nebo BMW.

5.4.3 Zázemí závodu

Výroba v Hluku probíhá celkem ve třech výrobních halách, které nesou název STAR, HOPE, a největší CAB, jež je rozdělena na dvě části. A to M1 a M2. Ve firmě se nachází také

zkušebna, prototypová dílna, administrativní budovy, skladovací prostory a závodní jídelna. Layout závodu se nachází v příloze. (Příloha P I)

Tabulka 3: Výrobní haly závodu Hluk firmy Hanon Systems Autopal, s. r. o.
(Interní materiály podniku, 2017)

Výrobní hala		Výrobní plocha (m ²)
CAB	M1	6 120
	M2	3 200
HOPE		7 000
Star		7 303
Prototypová dílna		1 250

Každá z uvedených výrobních hal má svůj výrobní program, který se od sebe liší sortimentem a odběrateli. Výrobu v každém z těchto středisek řídí tým vedoucích pracovníků, tzv. Group-leaderů, kteří mají na starost řízení a organizaci výroby. Tyto vedoucí pracovníky doplňují mistr, technologové, inženýr kvality a průmyslový inženýr. Za chod výrobní haly odpovídá vedoucí Bussinessteamu.

Pro účely této práce byla zvolena výrobní hala HOPE z důvodu absolvování odborné bakalářské praxe na této hale.

6 VÝBĚR VHDNÉHO REPREZENTANTA

Rozsáhlý výrobní sortiment firmy poskytuje možnost výběru z různých druhů výrobků, na který bude zaměřena analýza využití metody Poka yoke a následná zlepšení. K volbě vhodného reprezentanta z těchto výrobků byla zvolena ABC analýza a Bostonská matice.

ABC analýza umožňuje určení významnosti jednotlivých výrobků z celého výrobního sortimentu výrobní haly HOPE. Na základě této analýzy jsou vybráni reprezentanti, kteří jsou vyráběni s největším objemem výroby a jsou tudíž signifikantní vlivem na výsledky firmy. Jedná se tedy o reprezentanty s nejvyšším procentuálním zastoupením objemu produkce z celého výrobního sortimentu. Kritérium objemu výroby bylo zvoleno z toho důvodu, že u vyšší produkce je potenciálně vyšší míra chybovosti, která by vedla k neshodě s požadavky zákazníka a tím pádem nepříznivě ovlivnila náklady společnosti.

Aby bylo zahrnuto do výběru vhodného reprezentanta i hledisko času a tím pádem i předpokládaný vývoj objemu produkce pro následující roky je pro výběr vhodného reprezentanta využito modifikované Bostonské matice, která bere v úvahu jak objem produkce, tak i míru růstu objemu produkce v dalších letech. Do Bostonské matice jsou umístěny výrobky, jež vzešly z ABC analýzy s klasifikací A. Cílem je zjistit, který výrobek ze skupiny A nejdůležitější. To znamená, že hledáme výrobek zařazený v Bostonské matici na pozici „Hvězda“ nebo „Dojná kráva“

Takto provedeným výběrem reprezentanta bude zajištěno, že úsilí věnované pro zlepšení procesů týkajících se tohoto reprezentanta bude využito v co největší míře i v následujících letech.

6.1 ABC analýza

Aby bylo možné provést ABC analýzu, je třeba zjistit objem produkce jednotlivých výrobků. Na základě informací o objemech produkce z roku 2016 získaných z informačního systému firmy byla sestavena následující tabulka obsahující informace o produkci výrobní haly HOPE.

Tabulka 4: Objem produkce výrobní haly HOPE
(vlastní zpracování dle interních materiálů podniku)

Objem produkce výrobní haly HOPE za rok 2016	
Název výrobku	Objem produkce (ks)
CD4 cond 16mm	180 000
VW RPU CAC	103 397
Ford ST CAC	16 256
Fox GDI	30 000
Jaguar 16mm	24 300
Audi S1 CAC	9 000
VW cond 370	46 805
CD4 cond 20mm	30 358
Ford V36X Panther	1 895
Servis condenser CAC	13 000
Sigma DV4	27 200
Tomton	14 058

Pro potřeby ABC analýzy je třeba tyto objemy produkce sestupně seřadit, vypočítat kumulativní objem produkce a kumulativní procentuální zastoupení výrobků na celkovém objemu produkce. Pro rozdělení do tří skupin A, B a C bylo zvoleno rozvržení 70:20:10 (A = 70%, B = 20%, C = 10%).

Na základě ABC analýzy jsou zařazeny 4 výrobky do skupiny A, 4 výrobky do skupiny B a 5 výrobků do skupiny C. Výrobkům ze skupiny A by tedy mělo být věnováno maximální úsilí. Výsledek ABC analýzy je znázorněn v následující tabulce. Výrobky ze skupiny A jsou podrobeny další analýze pomocí Bostonské matice.

Tabulka 5: ABC analýza (vlastní zpracování)

Název výrobku	Objem produkce	Kumulativní objem produkce	Kumulované %	Klasifikace
CD4 cond 16mm	180 000	180 000	34,00%	A
VW RPU CAC	103 397	283 397	53,53%	A
VW cond 370	46 805	330 202	62,37%	A
Ford ST CAC	33 194	363 396	68,63%	A
CD4 cond 20mm	30 358	393 754	74,37%	B
Fox GDI	30 000	423 754	80,03%	B
Sigma DV4	27 200	450 954	85,17%	B
Jaguar 16mm	24 300	475 254	89,76%	B
McLaren cond	16 256	491 510	92,83%	C
Tomton	14 058	505 568	95,49%	C
Servis cond CAC	13 000	518 568	97,94%	C
Audi S1 CAC	9 000	527 568	99,64%	C
Ford V36x Panther	1 895	529 463	100,00%	C
Celkem	529 463	-	-	-

6.2 BCG matice

Pomocí tohoto strategického nástroje, který v tomto případě bere v úvahu objem produkce a míru růstu objemu produkce jsou výrobky ze skupiny A vzešlé z ABC analýzy rozříděny do 4 skupin. Jedná se o hvězdy, dojně krávy, otazníky a bídné psy.

Pro potřeby BCG matice je třeba znát plánovaný objem produkce do dalších let. Dle interního souboru firmy s plány výroby lze dohledat plánovaný objem produkce na období 2017 – 2020. Plánované objemy produkce jsou znázorněny v následující tabulce.

Tabulka 6: Plán výroby na období 2016 – 2020
(vlastní zpracování dle interních materiálů podniku)

Název výrobku	2016	2017	2018	2019	2020
CD4 cond	180 000	180 000	180 000	145 000	119 000
VW RPU CAC	103 397	0	0	0	0
VW cond 370	46 805	46 805	42 205	38 755	34 500
Ford ST CAC	33 194	0	0	0	0

Výrobky VW RPU CAC a Ford ST CAC je podle těchto informací v plánu vyřadit z výrobního plánu. Objem produkce zbylých dvou výrobků má také klesající tendenci.

Aby bylo možné umístit tyto výrobky do Bostonské matice, je třeba znát míru růstu objemu výroby. Tu je dle serveru wikiHow možno spočítat podle vzorce pro určení míry růstu v daném časovém období, který má tvar:

$$\text{míra růstu} = \left(\frac{\text{aktuální hodnota}}{\text{počáteční hodnota}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Kde: n = počet časových období

(wikiHow, 2017)

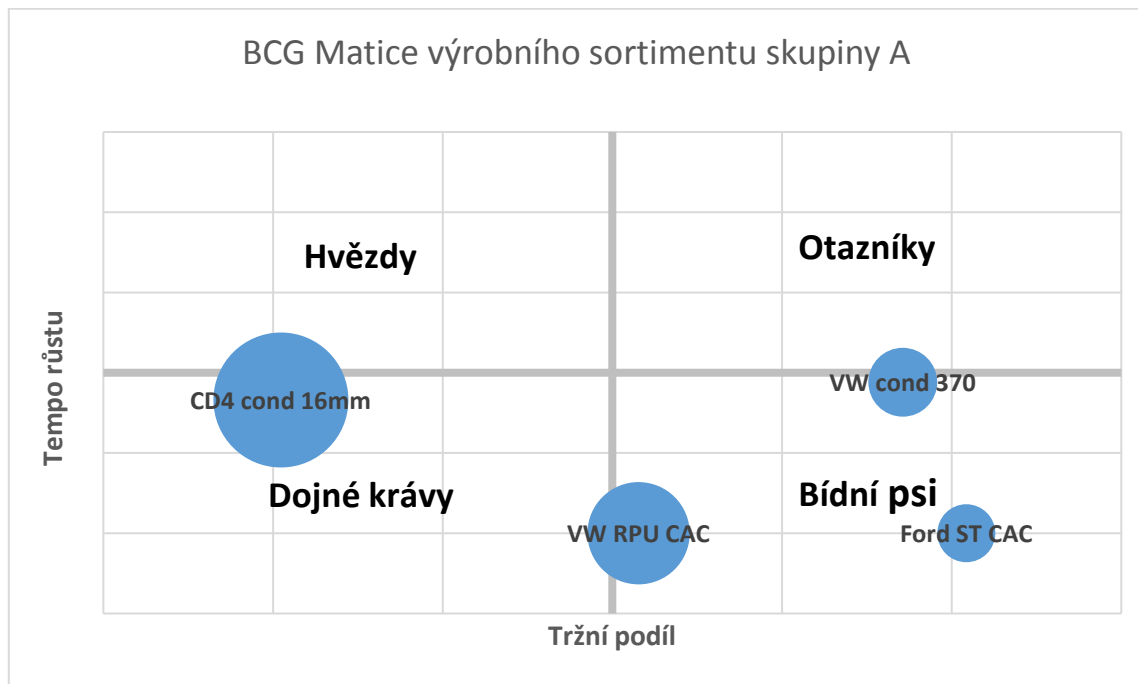
Po dosazení do vzorce byly vypočítány výsledné údaje o míře růstu objemu produkce, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 7: Míra růstu objemu produkce za období 2016 – 2020
(vlastní zpracování)

Název výrobku	Míra růstu objemu produkce za období 2016 – 2020 (%)
CD4 cond 16mm	-16,98
VW RPU CAC	-100,00
VW cond 370	-5,92
Ford ST CAC	-100,00

Na základě objemu produkce v roce 2016 a míry růstu objemu produkce v období 2016 – 2020 byla vytvořena modifikovaná BCG matice výrobního sortimentu, jež vzešel z ABC analýzy s označením skupina A.

Graf 1: BCG Matice výrobního sortimentu skupiny výrobků A
(vlastní zpracování)



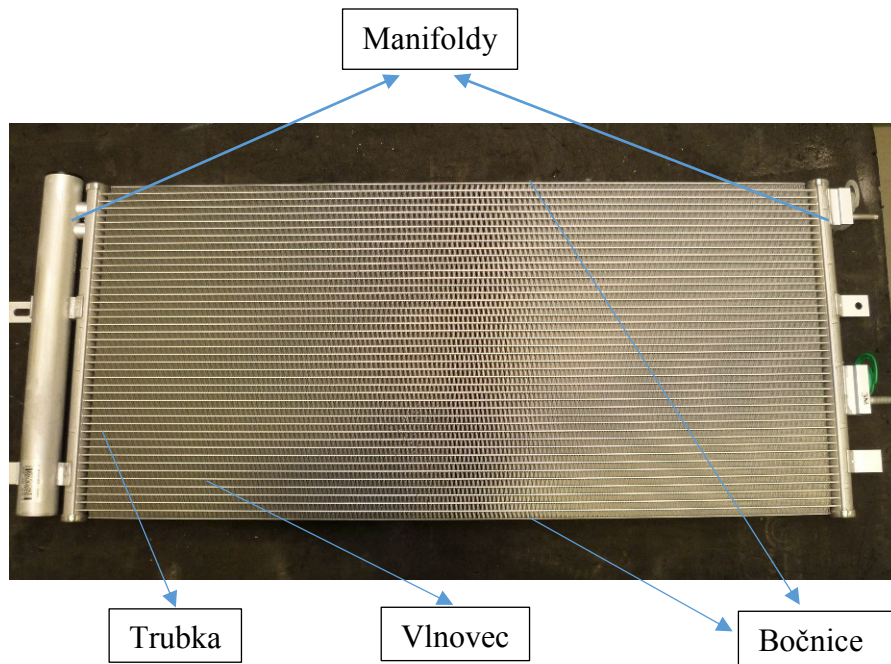
Cílem BCG matice bylo nalézt vhodného reprezentanta skupiny A vzešlé z ABC analýzy. Hledání bylo cíleno na reprezentanta s označením „Hvězda“ nebo „Dojná kráva“.

Výsledkem této analýzy je nalezení reprezentanta, jež se umístil na rozhraní skupin Hvězdy a Dojné krávy. Zvoleným reprezentantem je tedy výrobek s označením CD4 cond 16 mm. Ostatní výrobky nemohou být zvoleny, jelikož nesplňují stanovené kritérium a umístily se na pozici Bídnych psů.

6.3 Představení zvoleného reprezentanta

Zvoleným reprezentantem byl zvolen výrobek s označením CD4 16mm. Jedná se o kondenzátor, který je klíčovou součástí systému klimatizační techniky v automobilu značky Ford, konkrétně v modelu Mondeo.

Zvolený výrobek je jednou ze dvou variant kondenzátoru, který je ve firmě vyráběn. Druhou variantou je výrobek s označením CD4 20mm. Tyto dva výrobky se od sebe liší pouze svojí tloušťkou.



Obrázek 4: Kondenzátor CD4 16mm (vlastní fotografie)

Tělo výrobku se skládá ze dvou manifoldů, které slouží pro připevnění kondenzátoru v masce automobilu a k připojení hadic a potrubí klimatizačního systému. Tyto manifoldy umožňují cirkulaci chladicí kapaliny celým tělem kondenzátoru, jelikož spojují vodorovně umístěné trubky. Aby bylo dosaženo žádoucí maximalizace plochy kondenzátoru, nachází se mezi těmito trubkami výplet, jež se nazývá vlnovec. Výplet a trubky jsou ze stran chráněny bočnicemi.

7 ANALÝZA MONTÁŽNÍ LINKY VÝROBKU CD4 16MM

7.1 Popis vybrané montážní linky

Montážní linka je vybraná základě volby reprezentanta, jež je na dané výrobní lince vyráběn. Zvolenou montážní linkou je tedy zařízení, kde probíhá montáž výrobku CD4 16mm. Poka yoke je na montážní lince využíváno v úseku finální montáže a kontroly těsnosti.

Na zvoleném montážním zařízení probíhá montáž drobných součástek, jako jsou vysoušeč, zátka a dva šrouby, které se od sebe liší svým průměrem – 8 mm a 6 mm. Montáž těchto součástek je prováděna k tělu kondenzátoru, čímž vznikne kompletní sestava výrobku, která je následně podrobena zkoušce těsnosti a poté zabalena a připravena k odeslání zákazníkovi.

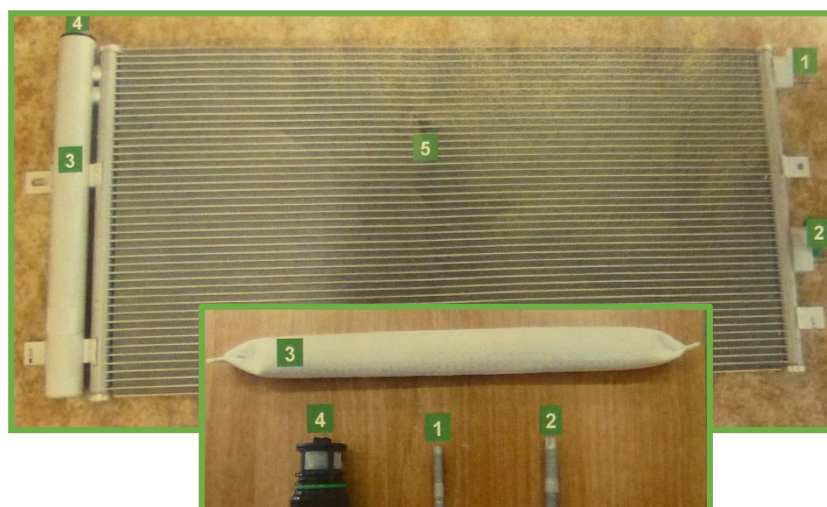
Montované součástky:

- Šroub šedý 1 ks, M6 (1)
- Šroub šedý 1 ks, M8 (2)
- Vysoušeč (3)
- Zátka (4)
- Sestava (5)



Obrázek 5: Montované součástky (technická dokumentace)

Následující obrázek znázorňuje umístění montovaných součástek k tělu kondenzátoru. Šroub číslo 1 v menším obrázku je umístěn do prostoru čísla 1 na větším obrázku atd.



Obrázek 6: Umístění montovaných součástek k tělu kondenzátoru (technická dokumentace)

Montážní operace probíhají na montážním zařízení znázorněném na následujícím obrázku. Toto zařízení obsahuje veškeré nářadí, přístroje a prostor pro materiál. Obsahuje také nástěnku určenou pro pracovní postupy, plány kontrol, TPM, hodnocení rizik na pracovišti a výkazy výroby. Montáž je taky opatřena upozorněním na bezpečnostní ochranné pomůcky, jež je třeba při práci využívat. Jsou jimi ochranné brýle při použití stlačeného vzduchu nebo při manipulaci s olejem. Montáž je taky opatřena symboly Poka yoke a Významná charakteristika.

Montážní zařízení obsahuje některé z prostředků Poka yoke. Řadí se mezi ně montážní deska, která obsahuje prostředky pro kontrolu rozměrů, rovinnosti a dodržování technologického postupu. Informace získané z těchto prostředků Poka yoke jsou směřovány do centrálního zařízení s digitálním panelem, které má za úkol dohlížet na montážní operaci. V případě detekce chyby toto zařízení informuje obsluhu o vzniklé chybě a znemožní jí pokračovat v montáži, dokud nebude tato chyba odstraněna. Tato skutečnost je také sdělena prostřednictvím světelné signalizace.



Obrázek 7: Montážní pracoviště CD4 16mm (vlastní fotografie)

7.2 Možnost vzniku vad při montáži

Na zvolené montážním zařízení je využíváno principů Poka yoke pro předcházení vadám a tato skutečnost je také náležitě označena příslušným symbolem na nástěnce montážního zařízení. Cílem metody Poka yoke je odhalit výrobky neshodné s požadavky zákazníka a zabránit tak možnosti, že by vadný kus byl odeslán zákazníkovi.

Při montážních operacích a operacích předcházejících montáži by obecně mohlo dojít k následujícím vadám, které mají jednoznačný dopad na funkčnost a kvalitu výrobku.

- Práce operátora s nesprávným typem kondenzátoru
- Špatný tvar a rozměry kondenzátoru
- Nenamontované součástky (Vysoušeč není založen, nezašroubované šrouby a zátka)
- Nedotažené šrouby a zátka
- Vizuální nedostatky

7.3 Procesní analýza montáže

Procesní analýza byla zvolena za účelem zmapování montážních operací se zaměřením na problematiku prevence vad vedoucích k neshodě. Tento analytický nástroj umožňuje sestavit výčet montážních činností s rozlišením, zda se jedná o operaci, transport, kontrolu, čekání nebo skladování. Umožňuje také sledovat uraženou vzdálenost výrobku během těchto činností nebo čas potřebný k dokončení všech činností zvlášť nebo celkově. Zahrnuje také možnost sledovat počet zaměstnanců zapojených do montážní činnosti. Tyto dvě jmenované záležitosti nebyly při procesní analýze sledovány, jelikož jsou pro analýzu vzniku vad bezpředmětné.

K zaměření na prevenci vad Poka yoke a jeho využití na zvolené montáži lze v procesní analýze využít sloupec kontrola. Tento sloupec je zvolen z toho důvodu, že kontrola umožňuje sledovat vznik vad ve výrobním procesu a tím pádem umožňuje detekci vad, které by potenciálně mohly vést k neshodě s požadavky zákazníka.

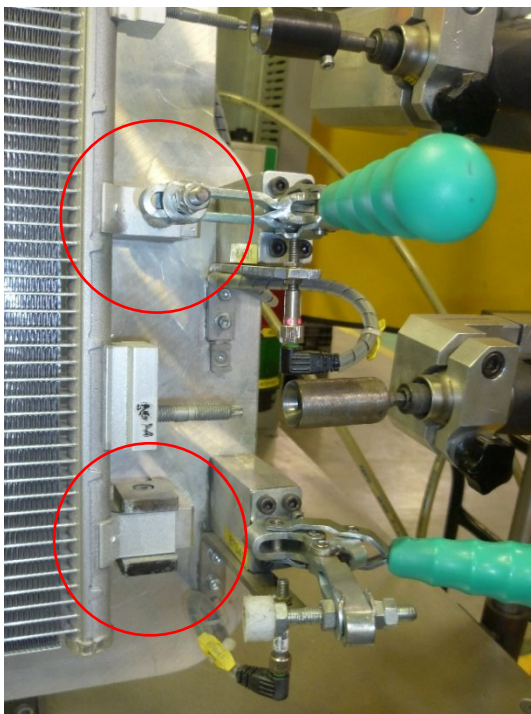
Tabulka 8: Procesní analýza montáže (vlastní zpracování)

Pořadí	Činnost	Operace	Transport	Kontrola	Čekání	Skladování	Možnost zlepšení
1.	Založení kusu, upnutí	<input type="radio"/>		<input type="checkbox"/>			Kontrola založení správného druhu výrobku, kontroly prohnutí tělesa
2.	Založení vysoušeče	<input type="radio"/>		<input type="checkbox"/>			
3.	Zašroubování zátky	<input type="radio"/>		<input type="checkbox"/>			
4.	Zašroubování šroubů	<input type="radio"/>		<input type="checkbox"/>			
5.	Kontrola těsnosti			<input type="checkbox"/>			
6.	Kontrola dna bedny, uložení do bedny	<input type="radio"/>		<input type="checkbox"/>			Úprava obalového materiálu

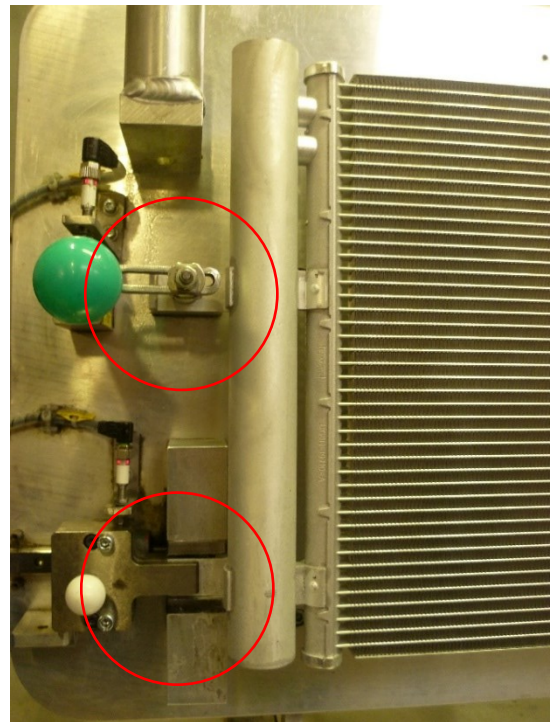
Jednotlivé činnosti jsou blíže popsány v následujících podkapitolách.

7.3.1 Založení a upnutí tělesa, kontrola rozměrů tělesa

Cílem této činnosti je založení tělesa do montážní desky, které umožňuje provádění montážních činností. Při založení je provedena kontrola rozměrů, tvaru a rovinnosti tělesa. Operátor má za úkol upnout držáky kondenzátoru pomocí upínek. Čepy slouží jako kontrola rozměrů. Toto upnutí operátor provede na obou stranách tělesa. Těleso s nesprávnými rozměry do montážní desky nelze upnout a je tímto odhalena neshoda s požadavky zákazníka. Kontrola Poka yoke tady využívá čistě kontaktních prostředků. Informaci o správném provedení a instrukce k další činnosti pracovníkovi sdělí displej montážního zařízení.



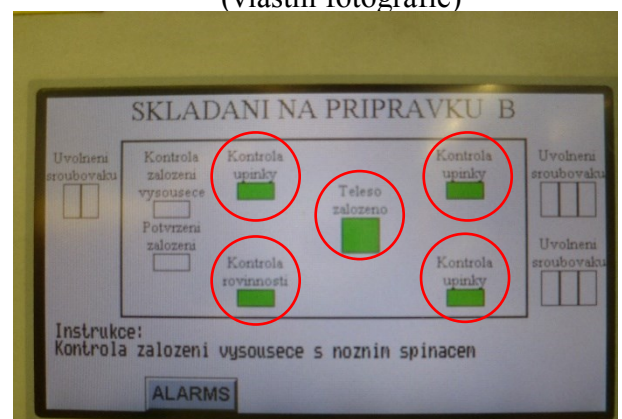
Obrázek 8: Upnutí upínek
(vlastní fotografie)



Obrázek 9: Upnutí upínek na druhé straně
(vlastní fotografie)

Pracovník dostává informaci o úspěšném provedení výrobní operace (zeleně zvýrazněné).

Dokud nebudou splněny všechny požadavky pro tento krok, operátorovi není umožněno pokračovat k další činnosti.

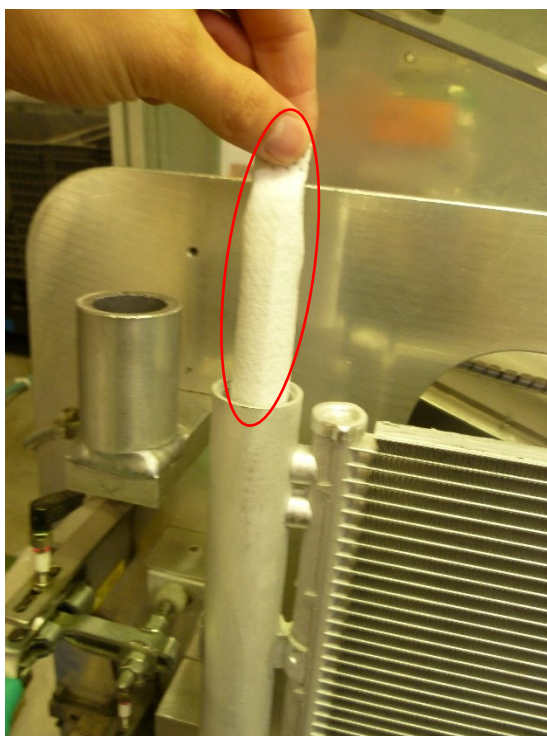


Obrázek 10: Informace a instrukce
(vlastní fotografie)

7.3.2 Založení vysoušeče a kontrola založení

Při této činnosti je úkolem pracovníka založit vysoušeč. Následující operací bude zašroubování zátky. Je tedy důležité, aby pracovník na vložení vysoušeče nezapomněl a nedošlo tak k zašroubování zátky bez vloženého vysoušeče. Funkčnost kondenzátoru by tím byla ovlivněna a došlo by k vadě. Je tedy důležité dodržet sled operací.

Aby bylo této chybě předcházeno, je po vložení vysoušeče nasazena kontrola vložení, založená na optickém principu bezkontaktních prostředků Poka yoke. Bez této kontroly není možné pokračovat k další výrobní operaci, kterou je šroubování zátky. Šroubovací pistolí nebude možné při nezaložení vysoušeče uvést do chodu.



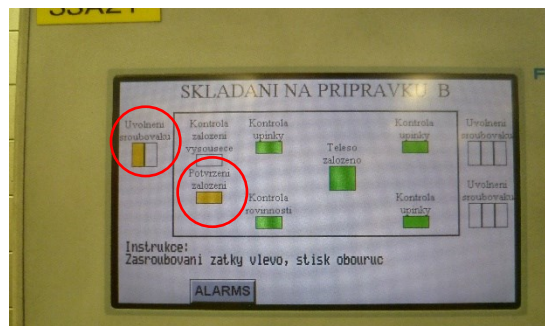
Obrázek 12: Založení vysoušeče
(vlastní fotografie)



Obrázek 13: Kontrola založení vysoušeče
(vlastní fotografie)

Operátorovi je umožněn postup k další výrobní operaci až po potvrzení zobrazeném na monitoru řídicího zařízení montáže.

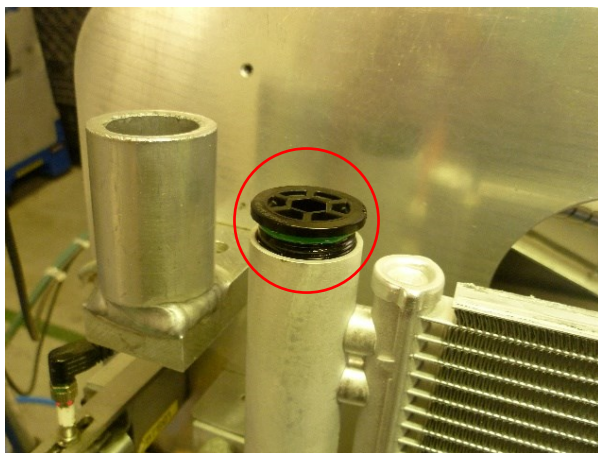
Pracovník také dostává instrukci k další činnosti.



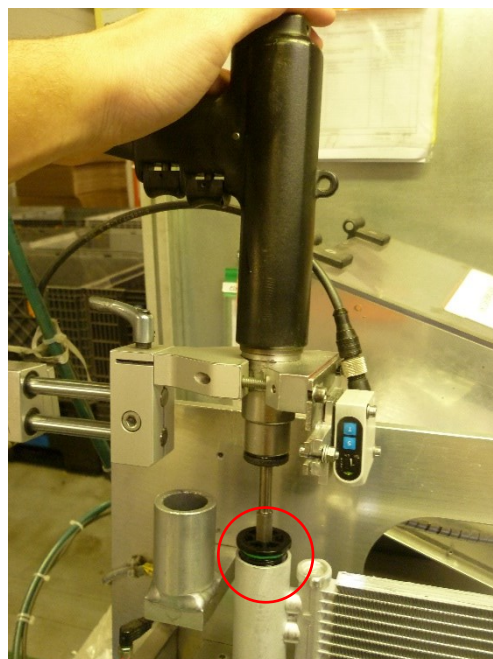
Obrázek 11: Potvrzení založení
(vlastní fotografie)

7.3.3 Šroubování zátky, kontrola šroubování

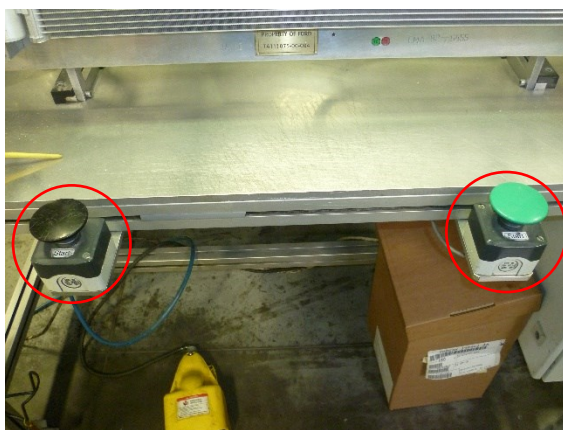
Při této činnosti je zašroubována zátka do stejného otvoru, kam byl vložen vysoušeč. Pracovník použije šroubovací pistoli, kterou přiloží na drážku hlavy zátky. Sešlápnutím pedálu spustí operátor šroubovací pistoli, která pracuje do té doby, než detekuje zpětný ráz značící úplné zašroubování zátky. Nyní je úkolem pracovníka vizuálně překontrolovat zašroubování a potvrdit jej obouručním stiskem dvou tlačítek. Teprve po tomto stisknutí lze přejít k další montážní operaci.



Obrázek 15: Vložení zátky
(vlastní fotografie)



Obrázek 14: Šroubování zátky
(vlastní fotografie)



Obrázek 17: Tlačítka pro potvrzení šroubování
(vlastní fotografie)

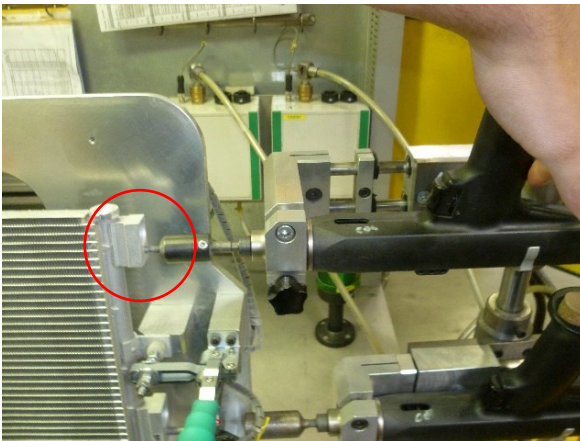


Obrázek 16: Potvrzení šroubování
(zdroj: vlastní fotografie)

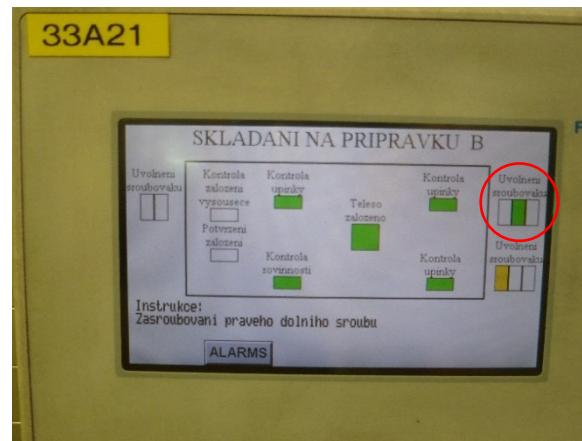
Potvrzení o zašroubování zátky dává obsluze povolení a instrukce k další výrobní operaci.

7.3.4 Šroubování šroubů, kontrola šroubování

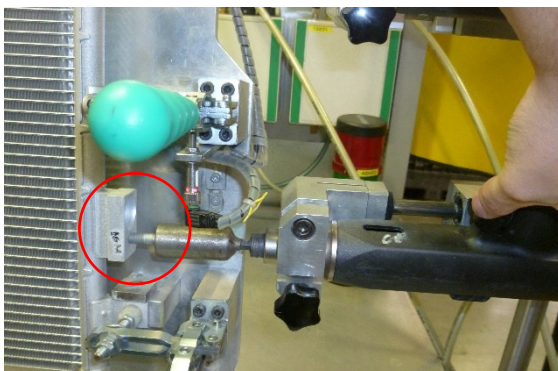
V poslední operaci pracovník zašroubuje pomocí šroubovací pistole dva šrouby. Bez provedení této poslední operace není pracovníkovi umožněno odebrat vložené těleso a začít nový výrobní cyklus. Šroubovací pistole je v chodu do doby, než detekuje úplné zašroubování šroubu. Je tak zamezeno neúplnému zašroubování



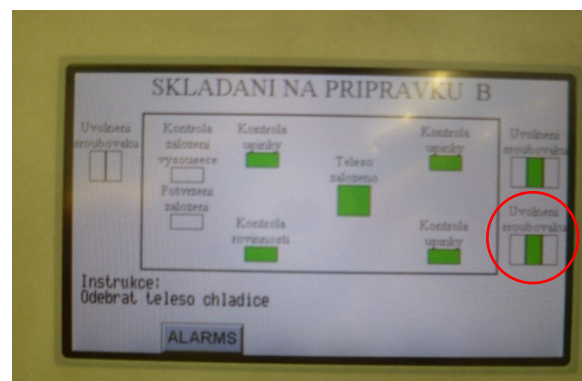
Obrázek 21: Šroubování šroubu 1
(vlastní fotografie)



Obrázek 20: Potvrzení zašroubování
(vlastní fotografie)



Obrázek 19: Šroubování šroubu 2
(vlastní fotografie)



Obrázek 18: Potvrzení zašroubování
(vlastní fotografie)

Po dokončení šroubování pracovník dostává instrukci k odebrání tělesa, čímž úspěšně ukončí cyklus je mu umožněno začít opět od první montážní činnosti. Obsluha montážní linky vyjme těleso kondenzátoru z montážní desky a předá druhému pracovníkovi, který jej podrobí zkoušce těsnosti.

7.3.5 Kontrola těsnosti

Klimatizační technika automobilu pracuje na principu nuceného oběhu média, které je díky takto vniklému tlaku schopno měnit své skupenství a teplotu. Jakákoliv netěsnost má tedy za následek nefunkčnost kondenzátoru. Cílem kontroly těsnosti je odhalit netěsné kondenzátory pomocí Heliového testu.

Těleso kondenzátoru je při tomto testu vloženo do testovací komory a připojeno na hadice, jimiž je do kondenzátoru vháněno helium. Tento test je zahájen zavřením testovací komory. Helium vháněné do kondenzátoru uniká v případě netěsnosti do prostoru testovací komory a pomocí senzoru je takto odhalena netěsnost.

Tento test je nutno provádět až po předchozí montáži, jelikož by helium unikalo otvorem pro zátku a každý kus by tímto testem byl vyhodnocen jako neúspěšný.

Při neúspěšném testu je výrobek řádně označen štítkem NOK a uložen na vozík určený pro posouzení a opravy.

Při úspěšném testu je výrobek označen štítkem s čárovým kódem a následně uložen do přepravní bedny.



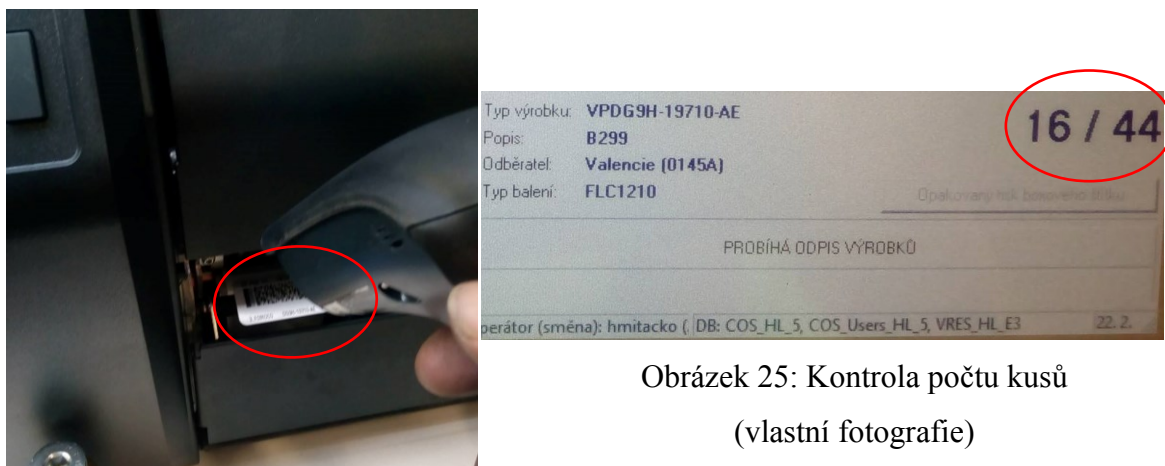
Obrázek 22: Test těsnosti (vlastní fotografie)



Obrázek 23: Označení vadného kusu
(vlastní fotografie)

7.3.6 Uložení do přepravního kontejneru

Po úspěšně provedeném testu těsnosti je hotový kondenzátor uložen do přepravního kontejneru. Do tohoto kontejneru je dle požadavků zákazníka umístěno 44 kondenzátorů. Tento počet kondenzátorů je kontrolován prostřednictvím skenovacího zařízení čárových kódů, který je opatřen počítačem. Čárový kód výrobku je unikátní, což umožňuje počítači provést kontrolní součet naskenovaných štítků s kódy. Pokud je jeden štítek naskenován více než jednou, počítač stav součtu nezmění. Tím je zamezeno tomu, že by se k zákazníkovi dostala přepravní bedna s nesprávným počtem kondenzátorů. Jakmile je splněna podmínka uloženého počtu kusů je o této skutečnosti operátor upozorněn prostřednictvím zvukového signálu a je vytištěn čárový kód, kterým operátor opatří přepravní bednu a nechá vyexpedovat.



Obrázek 25: Kontrola počtu kusů
(vlastní fotografie)

Obrázek 24: Skenování štítku pro kontrolu počtu kusů (vlastní fotografie)



Obrázek 26: Uložení kusů pro expedici
(vlastní fotografie)

7.4 Vyhodnocení a problémové okruhy

Na základě procesní analýzy a pozorování byly nalezeny celkem 3 neošetřené problémy, které jsou blíže popsány a na jejich základě jsou vypracovány návrhy pro zlepšení.

1. Prvním nedostatkem je neošetřená možnost vložení podobného typu kondenzátoru do montáže a tím pádem je při nepozornosti operátorů potenciálně možná záměna těchto dvou výrobků.
2. Další problém se týká deformace kondenzátoru způsobené při pájení. Při pájení dochází k odchýlkám teploty v pájecí peci, které mají za následek prohnutí kondenzátoru. Takovýto výrobek je neshodný s požadavky zákazníka.
3. Nedostatečně je také zabráněno deformaci výrobků při přepravě. Vznikají tak vady na výrobcích, které prošly všemi kontrolami úspěšně a odhalit vadu se podařilo až při montáži do automobilu u zákazníka.

7.5 Místa vzniku vad

Pro analýzu výrobních a montážních procesů byla zvolena PFMEA, která je zaměřena na již fungující proces a jejíž cílem je identifikovat místa možného vzniku vad ve výrobě a možnosti selhání procesu a jeho efektivnosti ve výrobě. Na základě předchozí procesní analýzy byly zjištěny potenciální selhání, které jsou podrobeny důkladnější analýze. Na základě závažnosti, výskytu a odhalitelnosti je těmto selháním přiděleno rizikové číslo. Sloupec běžné kontroly znázorňuje současné opatření.

Tabulka 9: PFMEA montážní linky CD4 16 mm
(vlastní zpracování)

Popis procesu	Potencionální způsob poruchy	Potencionální účinek poruchy	Závažnost	Potencionální příčina	Výskyt	Běžné kontroly	Odladitelnost	Rizikové číslo	Doporučená opatření
Montáž a výstupní kontrola	Záměna kondenzátoru CD4 16mm a CD4 20mm	Ztížené nebo nemožné připojení kondenzátoru	6	Chyba při manipulaci	3	Vizuální kontrola	8	144	Poka yoke pro odlišení typu kondenzátoru
	Montáž deformovaného kusu	Ztížené nebo nemožná zástavba kondenzátoru	7	Poškození při pájení, chyba při manipulaci	6	Vizuální kontrola	4	168	Poka yoke pro detekci deformace kondenzátoru
Přeprava	Poškození při přepravě	Vizuální vada, netěsnost kondenzátoru	7	Poškození při přepravě	4	-	10	280	Úprava obalového materiálu, ochranná pěnovková vložka

Jako nejzávažnější selhání se dle rizikového čísla jeví problém s deformací kondenzátoru při přepravě. Toto selhání dosahuje závažnosti s hodnocením 7, což je považováno za vážnou vadu. Výrobek je sice funkční, nicméně je u něj snížena výkonnost a zákazník s tímto stavem není spokojen. Výskyt selhání je střední, jelikož se jedná o občasnou vadu. Proto je mu uděleno hodnocení 3. Výskyt u této skupiny je 1 vada z 2 000 příležitostí. Nejzávažnějším problémem tohoto selhání je odhalitelnost, jelikož u této příčiny vady ani následné vady se neprovádí posuzování.

K selhání týkající se montáže deformovaného kondenzátoru dochází u 1 kusu z 80, proto je mu uděleno hodnocení výskytu 6, jež náleží občasným vadám. Závažnost tohoto selhání je vážná, protože se jedná o funkční výrobek se sníženou výkonností. Odhalitelnost tohoto selhání je mírně nadprůměrná, jelikož je prováděna vizuální kontrola, u které je mírně nadprůměrná možnost odhalení vady.

Záměna dvou typů kondenzátorů (CD4 16mm a CD4 20mm) je hodnocena závažností na stupni 6, jelikož se jedná o funkční výrobek s nefunkční částí zajišťující pohodlí zákazníka. Zákazník v tomto případě pocítuje nepohodlí vzhledem k pomíchaným typům výrobků v jedné přepravní bedně. K tomuto selhání dochází relativně málo, proto je mu uděleno číslo 3. Výskyt pro tuto skupinu je stanoven na 1 vadu z 15 000 příležitostí. Odhalitelnost je v tomto případě hodnocena číslem 8, jako vzdálená možnost, že posuzování výrobku vizuální kontrolou odhalí možnou příčinu vady nebo následek vady.

Na základě PFMEA analýzy jsou navržena opatření, která mají za cíl předcházet selháním popsaným v této analýze.

8 SOUHRN ZJIŠTĚNÝCH PROBLÉMŮ A NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ

Pro každý z odhalených problémů je navrženo řešení, které vede k prevenci vzniku těchto selhání. Pro návrhy na zlepšení je dbán důraz na využití metodiky Poka yoke.

Při analýze příčin selhání je využito nástroje pro analýzu příčin a důsledku, tzv. Ishikawův diagram, jež umožňuje systematický výzkum vztahů mezi ději a jejich vlivem na další vývoj procesu.

Po odhalení příčin vzniku neshod je vypracován návrh na zlepšení využívající mechanismů pro předcházení neúmyslným chybám. Dle Svozilové je totiž nejlepším způsobem, jak omezit chyby v procesu, zabránit tomu, aby tyto chyby vůbec vznikly. Mechanismy Poka yoke jsou účinné tam, kde jednoduché opatření proti potenciálním chybám ušetří nutnost věnovat těmto automatizovaným zábranám pozornost a operátor montážní linky se tak může soustředit pouze na operace, které těmto pomůckám svěřit nelze. (Svozilová, 2016, s. 164-165)

Vypracovaná zlepšení jsou dle Demingova cyklu PDCA pouze první činností navrhuující zlepšení. Je doporučeno, aby podnik při aplikaci navrhovaných zlepšení postupoval dle tohoto cyklu a navázal tak ostatními činnostmi, které tento cyklus zahrnuje.

8.1 Možnost záměny kondenzátoru CD4 16mm za CD4 20mm

8.1.1 Popis problému

Na montážní lince výrobku není ošetřena možnost vložení odlišného typu výrobku, a sice výrobek s označením CD4 16 mm a CD4 20 mm, které se od sebe liší svojí tloušťkou a jsou lehce zaměnitelné. Montáž obou výrobků probíhá na stejné montážní lince a při provozu by mohlo dojít k situaci, kdy pracovník zamění tyto dva typy výrobku, což má za následek pomíchání těchto dvou typů v jednom balení a tím pádem neshodu s požadavky zákazníka. Jelikož k zavedení výrobku CD4 20 mm došlo až v době, kdy byl výrobek CD4 16 mm ve výrobě, není montáž vybavena kontrolou vložení jiného druhu výrobku, jelikož to nebylo zapotřebí.

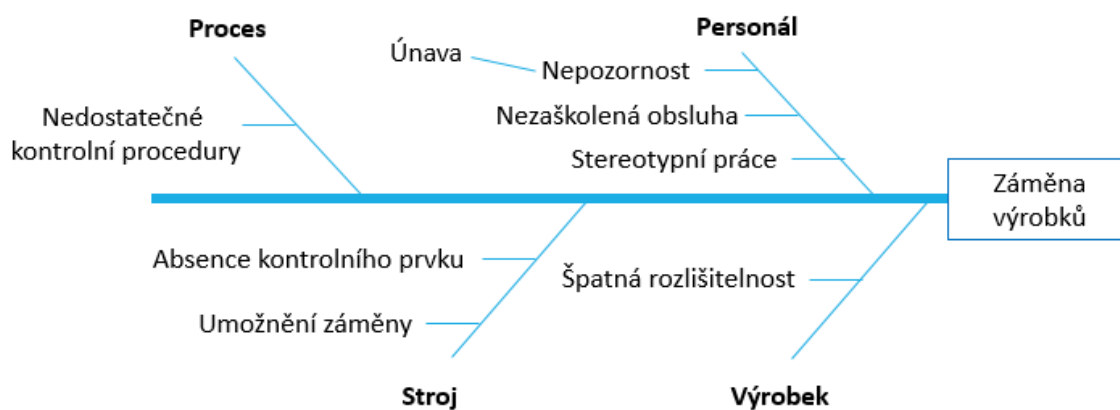
Tyto dva výrobky jsou sice pájeny v odlišných výrobních dávkách, tříděny operátory u výstupu z pájecí pece, opatřeny průvodkou kvality a následně umístěny do skladu rozpracované výroby. Nicméně existuje potenciální možnost pomíchání kusů při třídění nebo si operátor montážní linky odebere ze skladu rozpracované výroby nesprávný typ kusů.

Výrobky CD4 16mm a CD4 20mm jsou pro nezkušenou obsluhu obtížně rozeznatelné a snadno by tak mohlo dojít k jejich záměně.



Obrázek 27: Výrobky CD4 16mm (vlevo) a CD4 20mm (vpravo)
(vlastní fotografie)

8.1.2 Příčiny problému



Obrázek 28: Ishikawův diagram pro záměnu výrobků (vlastní zpracování)

Dle analýzy příčin a důsledků bylo dospěno k tomu, že při montáži není kladen dostatečný důraz kontrolním procedurám. Vzhledem ke špatné rozlišitelnosti typů výrobků je pro nezaškolenou obsluhu obtížné rozeznat tyto dva typy výrobků. I v případě zkušenějších operátorů vzniká možnost záměny vlivem nepozornosti nebo únavy.

8.1.3 Návrh na zlepšení

Vzhledem k možnosti záměny dvou typů výrobků je zapotřebí přidat chybějící kontrolu založení správného typu výrobku do montážní desky. Aby operátor nebyl nucen provádět vizuální kontrolu nebo každý kus přeměřovat, jelikož typy výrobků se od sebe liší svojí tloušťkou, je třeba využít jeden z prostředků metodiky Poka-Yoke.

Navrhovaným řešením je přidání bezkontaktní kontroly kusu na optickém principu. Toto řešení vyžaduje nalezení odlišností mezi typy výrobků. Pro tento účel byla vybrána kontrola tvaru držáku receiveru, jelikož byla nalezena odlišnost mezi těmito typy výrobků.

Hranatý



Obrázek 29: Držák receiveru CD4
16 mm (vlastní fotografie)

Oblý



Obrázek 30: Držák receiveru
CD4 20 mm (vlastní fotografie)

Navrhovaná optická kontrola bude kontrolovat tvar držáku receiveru (oblý/hranatý) a na základě toho vyhodnotí vložení správného kusu do montážní desky.

Tato kontrola bude provedena na začátku montážního cyklu, aby byl operátor upozorněn ihned, a ne až po provedení montážních úkonů. Tím bude zamezeno tomu, že by operátor ztrácel čas montáží odlišného typu výrobku a teprve poté upozorněn na chybu.

Při detekci chyby bude zamezeno pokračování v montáži, montážní linka bude zastavena a operátor dostane hlášení o vzniklé chybě světelnou signalizací a informací na displeji řídicí

cího zařízení. Toto řídicí zařízení bude také možno přetypovat dle montovaného typu výrobku na CD4 16mm nebo CD 20mm. Toto přetypování bude zahrnovat pouze nastavení tvaru držáku receiveru.

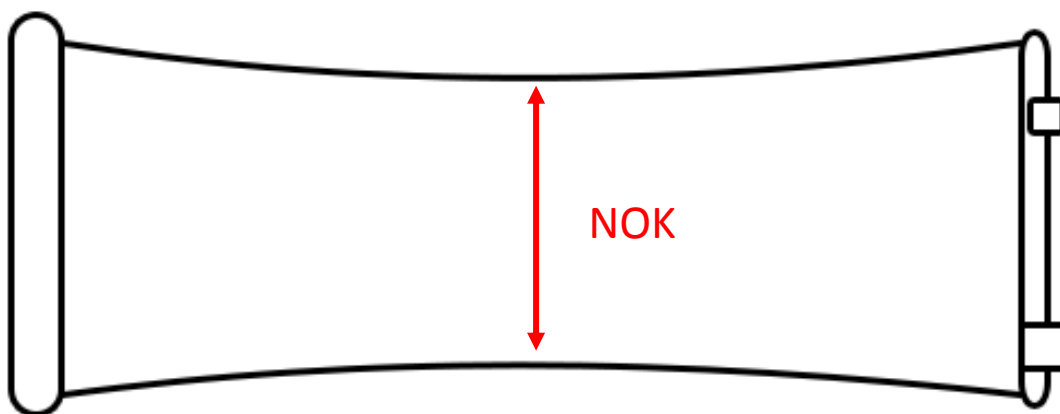
Při detekci chyby a následném upozornění si obsluha montážní linky opatří ze skladu rozpracované výroby správný typ výrobku.

8.2 Montáž deformovaného kondenzátoru

8.2.1 Popis problému

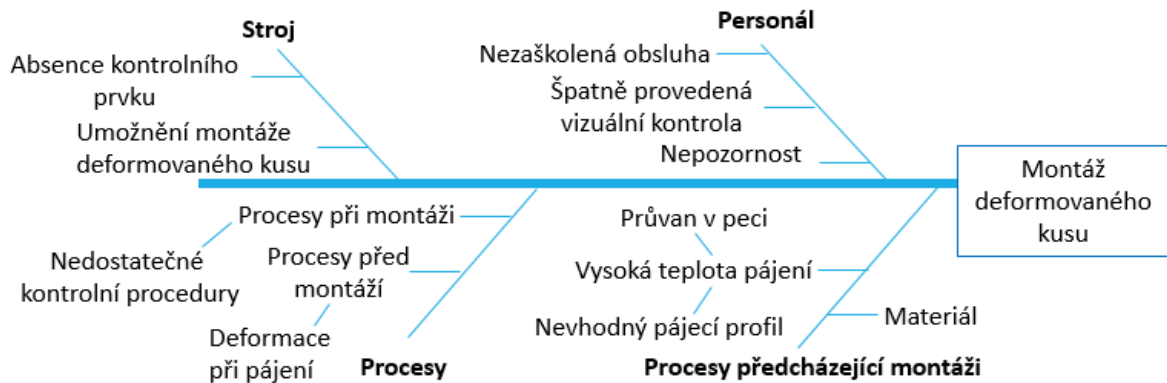
Při montáži je opomenuta kontrola odchylky tvaru bočnice, konkrétně je to odchylka rovinnosti. Tato odchylka vzniká při pájení kondenzátoru v pájecí peci, kdy výkyvy teplot způsobené průvanem v peci nebo nastavení nevhodného pájecího profilu pece. Tento profil je nastavován podle typů výrobků, jež výrobní dávka obsahuje. Některé typy vyžadují vyšší teplotu a některé zase nižší. Při příliš vysoké teplotě dojde k deformaci a při nízké teplotě dojde k nedostatečnému zapájení jednotlivých komponent kondenzátoru, což má za následek jeho netěsnost. Odchylka tedy vzniká mimo proces montážní linky a v rámci montážní linky je třeba doplnit montážní desku o kontrolu abnormalit týkajících se tvaru výrobku. Tím bude zamezeno tomu, že se deformovaný výrobek mimo hranice tolerance dostane k zákazníkovi, zákazník odhalí neshodu a bude vadný kus reklamovat.

Odchylka tvaru bočnice, ke které při pájení dochází, má charakter konkávní odchylky rovinnosti. Bočnice je tedy vyduť směrem dovnitř tělesa.



Obrázek 31: Odchylka tvaru bočnice (vlastní zpracování)

8.2.2 Příčiny problému



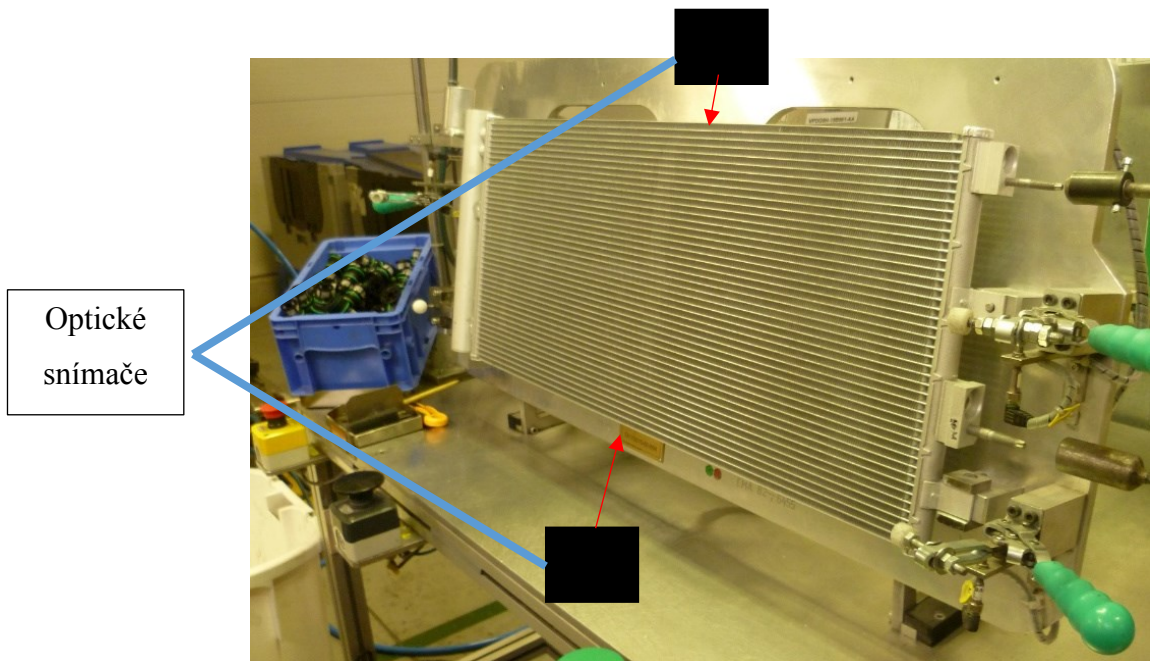
Obrázek 32: Ishikawův diagram pro montáž deformovaného kusu (vlastní zpracování)

Analyzováním příčin a jejich důsledků bylo zjištěno, že ke vzniku vady dochází při procesu pájení. Jako dočasné řešení je navrženo řešení týkající se montážní linky, která je předmětem zpracování. Tímto řešením je přidání kontrolní procedury, kterou bude detekce abnormality rovinnosti bočnice, jež zamezí odeslání vadného výrobku zákazníkovi. Nicméně by firma měla věnovat pozornost odstranění příčiny tohoto problému při pájení, aby nedocházelo k výrobě vadných kusů, což je považováno za plýtvání.

8.2.3 Návrh na zlepšení

Montážní deska bude doplněna o kontrolu rovinnosti bočnice. Doplní tak prováděnou kontrolu rozměrů a navrhovanou kontrolu založení správného typu výrobku. Tato kontrola rovinnosti bude prováděna v místě, kde dochází k největší odchylce. Tímto místem je střední část tělesa s největším vydutím směrem dovnitř.

Prováděná kontrola bude založena na bezkontaktním mechanismu fungujícím na optickém principu. Bude zde měřena vzdálenost pevně umístěného optického snímače od bočnice založeného tělesa. Tyto snímače budou umístěny v horní i spodní části montážní desky, čímž bude dosaženo oboustranné kontroly tělesa.



Obrázek 33: Navrhované řešení problému (vlastní fotografie)

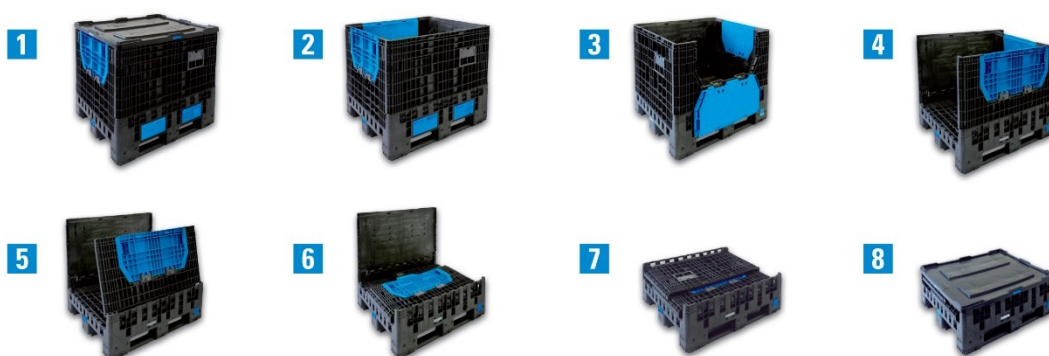
Vloží-li operátor do montážního zařízení výrobek s deformovanou bočnicí mimo nastavenou toleranci, bude vložený kus vyhodnocen jako vadný, montážní zařízení jej o této skutečnosti upozorní prostřednictvím světelné signalizace a sdělí mu informaci na displeji centrálního řídicího prvku a montážní cyklus bude neúspěšně ukončen hned na jeho začátku. Vadný kus bude opatřen štítkem s informací, že kus je vadný a bude uložen na žlutý vozík určený pro další posouzení technologem. Nedojde tak k tomu, že by jej obsluha montážní linky zamíchala mezi ostatní produkci.

8.3 Deformace při přepravě

8.3.1 Popis problému

Firma využívá pro přepravu hotových výrobků k zákazníkovi přepravní kontejnery, do kterých je kompletována hotová produkce kondenzátorů. Do každého tohoto kontejneru je uloženo 44 kusů hotových výrobků. Tyto výrobky prošly všemi výrobními operacemi a úspěšně absolvovaly výstupní kontrolu, zda se jedná o správný typ výrobku, kontrolu rozměrů, rovinnosti, přímosti bočnice a nakonec byly podrobeny testu těsnosti. Následně jsou uloženy do přepravního kontejneru a dále už nejsou kontrolovány. Do přepravního kontejneru jsou výrobky ukládány ve svislé poloze na tenkou vrstvu lepenky, jež má za cíl zabránění poškrábání bočnice kondenzátoru.

Toto ukládání je nedostatečné, jelikož došlo k deformaci hotového výrobku o drobný ostrý předmět nacházející se na dně přepravního kontejneru. Tento drobný předmět byl ukrytý pod vloženou vrstvu lepenky a operátor si jej nevšiml. Při naskládání kusů do přepravního kontejneru došlo k protlačení tohoto drobného předmětu ze dna kontejneru skrz lepenkovou vložku až do bočnice kondenzátoru, což způsobilo její deformaci. Vzniklá vada byla odhalena až zákazníkem před montáží kondenzátoru do automobilu a byla tak vystavena reklamáce.



Obrázek 34: Firmou využívaný přepravní kontejner (packagingrevolution.net)

Znázorněný kontejner na předchozím obrázku lze skládat a rozkládat, což má za důsledek nižší nároky na skladovací prostory prázdných kontejnerů a manipulaci při jejich vrácení od zákazníka, jelikož jich do nákladního vozu lze umístit více.



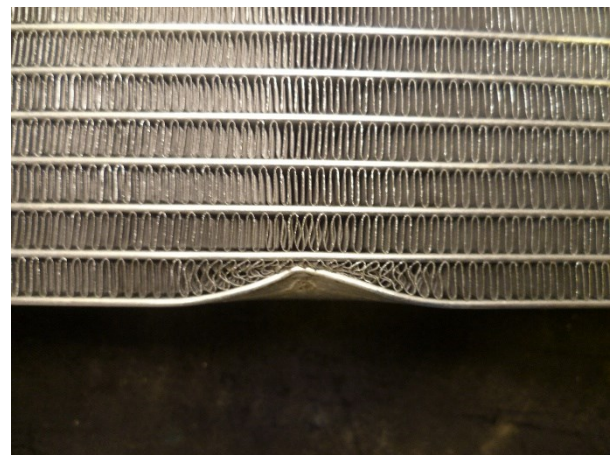
Obrázek 38: Vrstva lepenky na dně kontejneru (vlastní fotografie)



Obrázek 37: Předmět na dně kontejneru (vlastní fotografie)

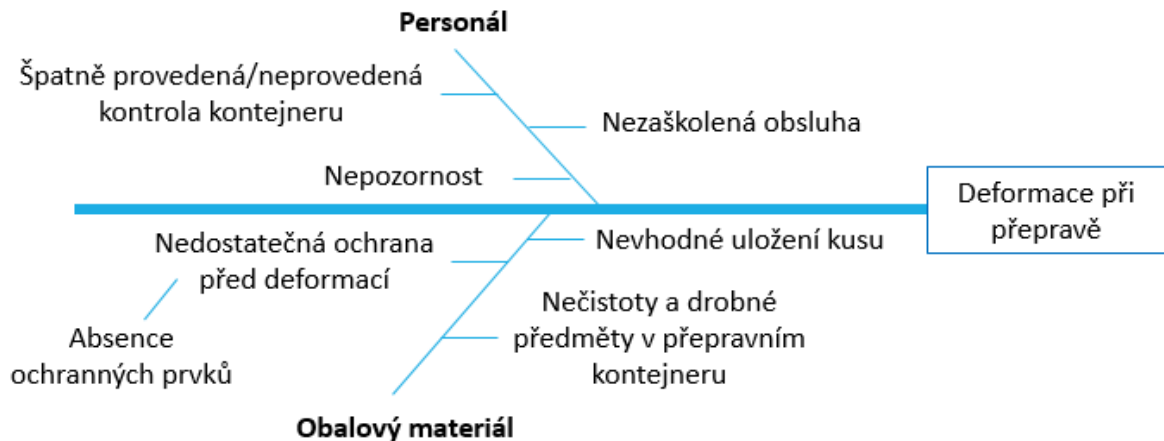


Obrázek 35: Uložení kusů pro expedici (vlastní fotografie)



Obrázek 36: Vzniklá deformace (vlastní fotografie)

8.3.2 Příčiny problému



Obrázek 39: Ishikawův diagram pro deformaci při přepravě (vlastní zpracování)

Použitý obalový materiál se dle analýzy ukázal jako nedostatečný pro ochranu výrobku při přepravě, jelikož je zde absolutní absence ochranných prvků až na tenkou vrstvu lepenky, která plní funkci ochrany proti poškrabání. Vizuální kontrola dna kontejneru ze strany operátora se ukázala jako nedostatečná a existuje zde riziko přehlédnutí předmětů na dně přepravního kontejneru.

8.3.3 Návrh na zlepšení

Jelikož nutit pracovníky provádět vizuální kontrolu přepravního kontejneru se ukázalo jako nedostatečné řešení, je třeba upravit obalový materiál takovým způsobem, aby tuto kontrolu vůbec nebylo nutné provádět, což tenká vrstva lepenky na dně kontejneru neumožňuje.

Návrhem na zlepšení je nahradit lepenkovou vrstvu vložkou z pěnovkové výztuhy, která bude vložena do používaného přepravního kontejneru.

Pěnová výztuha se bude nacházet na dně kontejneru a bude mít takovou tloušťku, která nepřipustí deformaci kusu uloženého v krabici o předmět na dně boxu. V případě, že by se předmět nacházel na pěnové výztuze uvnitř krabice, dojde k zatlačení předmětu do pěnovky a tím bude vyloučena možnost deformace.



Obrázek 40: Vložka z pěnovkové výztuhy
(kindfly.com, 2017)

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo analyzovat výrobní proces montážní linky se zaměřením na problematiku prevence vzniku vad. Jelikož byly při analýze odhaleny 3 problémové okruhy, byl tak splněn cíl zaměřený na vypracování zlepšovacích návrhů, které principiálně vycházely z přístupu uplatňovaného metodou Poka yoke.

Při zpracování těchto cílů v praktické části bylo využito literární rešerše zpracované v teoretické části práce. Hlavními okruhy, kterými se zabývala teoretická část, bylo představení historie a filozofie metody Poka yoke, přičemž byla vyjádřena přítomnost této metody v některých ze známých výrobních systémů. Další důležitou část tvořila klasifikace chyb ve výrobním procesu a faktory, které tuto problematiku ovlivňují. Pozornost byla věnována také mechanismům, které mohou vznik chyby odhalit, informovat o této skutečnosti a také samovolně chybu napravit nebo zamezit v pokračování výrobní operace. Z důvodu zpracování zlepšovacích návrhů byla věnována pozornost také přístupu ke zlepšovacím iniciativám.

Návrhy na zlepšení vycházející z nedostatků odhalených pomocí důkladných analýz jsou zpracovány formou konkrétních návrhů, jakými by se daly tyto problémy řešit. Je-li tento zpracovaný návrh zařazen do cyklu PDCA, který je obecně používán u zlepšovacích projektů, je zjištěno, že je v návrhu na zlepšení pozornost zaměřena pouze na první z činností tohoto cyklu, která plánuje, co má být uděláno. Zajímavé by tedy bylo pokračovat i v ostatních činnostech tohoto cyklu a věnovat se tak i tomu, že navržené opatření bude provedeno, čímž bude uskutečněn záměr.

Navazující činností by měla být kontrola, která vyhodnotí přínosy aplikovaného opatření. Pokračovat by se dalo i činností, která v tomto cyklu následuje a má za úkol korekci zjištěných nedostatků při kontrole. Po dokončení cyklu PDCA lze pokračovat opět od první z činností a celý cyklus opakovat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Knižní zdroje:

DENNIS, Pascal, 2016. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor, 223 s. ISBN 14-987-0887-0.

GABRYŠOVÁ, Marie, 2009. *Řízení jakosti A: distanční studijní opora*. Karviná: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 111 s. ISBN 8090223567.

Hanon Systems: Global Network [online], 2016. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.hanonsystems.com/En/Company/Network>

Hanon Systems: History [online], 2016. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.hanon-systems.com/En/Company/History>

Hanon Systems Autopal, s. r. o.: Interní materiály podniku, 2016. Hluk.

Hanon Systems Autopal, s. r. o.: Technická dokumentace, 2016. Hluk.

HIRANO, Hiroyuki, c1988. *Poka-yoke: improving product quality by preventing defects*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 304 s. ISBN 978-091-5299-317.

Jak vypočítat míru růstu: Výpočet průměrné míry růstu v daném časovém období, *Wiki-How* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://cs.wikihow.com/Jak-vypo%C4%8D%C3%ADtat-m%C3%ADru-r%C5%AFstu>

Kindfly: Customized cut eva foam insert box [online], [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.kindfly.com/product/Customized-cut-eva-foam-insert-box.html>

LEBLANC, Rick, 2013. CHEP Expands Large Container Offerings with the Introduction of the FLC 1208. *Packaging Revolution* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://packagingrevolution.net/chep-expands-large-container-offerings-with-the-introduction-of-the-flc-1208/>

MAŠÍN, Ivan, 2000. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 311 s. ISBN 80-902-2356-7.

MAŠÍN, Ivan, 2005. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štihlé výroby*, Liberec: Institut technologií a managementu, 106 s. ISBN 80-903533-1-2

MONDEN, Yasuhiro, c2012. *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 566 s. ISBN 978-1-4398-2097-1.

NENADÁL, Jaroslav, 2016. *Systémy managementu kvality: co, proč a jak měřit?*. Praha: Management Press, 302 s. ISBN 978-80-7261-426-4.

Obchodní rejstřík firem: Hanon Systems Autopal s.r.o., *Rejstrik-firem.kurzy.cz* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://rejstrik-firem.kurzy.cz/26914620/halla-visteon-autopal-sro/>

O společnosti Hanon Systems Autopal: O nás, *Jobs.cz* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://www.jobs.cz/f/209690-autopal/?adId=1156933662&rps=233>

REAL Kaizen: Andon [online], 2017. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://realkaizen.com/andon/>

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 223 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.

Systém tahu ve výrobním prostředí, 2008. Brno: SC, 95 s. Shopfloor series. ISBN 978-809-0409-903

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2007. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada, 384 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1479-0.

UHROVÁ, Monika, *IPA Slovník: ABC analýza* [online]. 2007 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/abc-analyza>

VEBER, Jaromír, 2016. *Management inovací*. Praha: Management Press, 288 s. ISBN 978-80-7261-423-3.

Wikipedia: Autopal, 2016. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Autopal>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DFM - Design for manufacture. Design pro bezproblémovou výrobu výrobku

DFMA – Design for manufacture and assembly. Design pro bezproblémovou výrobu a montáž výrobku

JIT – Just in Time. Právě včas

Lean – štíhlá výroba

MUDA – Plýtvání

NOK – Not OK. Vadné

PDCA – Plan, Do, Check, Act. Plánuj, proved', ověř, jednej

RPN - Risk Priority Number. Rizikové číslo

TPM – Total Productive Maintenance. Totálně produktivní údržba

TPS – Toyota Production System. Výrobní systém Toyota

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Výstražná světelná signalizace (realkaizen.com, 2012-2017)	23
Obrázek 2: Logo společnosti Hanon Systems, s. r. o. (jobs.cz, 2017).....	32
Obrázek 4: Montované součástky (technická dokumentace)Bočnice	41
Obrázek 5: Kondenzátor CD4 16mm (vlastní fotografie)	41
Obrázek 6: Montované součástky (technická dokumentace)	42
Obrázek 7: Umístění montovaných součástek k tělu kondenzátoru (technická dokumentace)	42
Obrázek 8: Montážní pracoviště CD4 16mm (vlastní fotografie)	43
Obrázek 11: Upnutí upínek (vlastní fotografie).....	46
Obrázek 10: Upnutí upínek na druhé straně (vlastní fotografie)	46
Obrázek 12: Informace a instrukce (vlastní fotografie).....	46
Obrázek 15: Potvrzení založení (vlastní fotografie)	47
Obrázek 14: Založení vysoušeče (vlastní fotografie)	47
Obrázek 13: Kontrola založení vysoušeče (vlastní fotografie).....	47
Obrázek 19: Šroubování zátky (vlastní fotografie).....	48
Obrázek 16: Vložení zátky (vlastní fotografie)	48
Obrázek 17: Potvrzení šroubování (zdroj: vlastní fotografie)	48
Obrázek 18: Tlačítka pro potvrzení šroubování (vlastní fotografie)	48
Obrázek 23: Potvrzení zašroubování (vlastní fotografie).....	49
Obrázek 20: Šroubování šroubu 2 (vlastní fotografie)	49
Obrázek 21: Potvrzení zašroubování (vlastní fotografie)	49
Obrázek 22: Šroubování šroubu 1 (vlastní fotografie)	49
Obrázek 24: Test těsnosti (vlastní fotografie).....	50
Obrázek 25: Označení vadného kusu (vlastní fotografie).....	50
Obrázek 27: Skenování štítku pro kontrolu počtu kusů (vlastní fotografie).....	51
Obrázek 26: Kontrola počtu kusů (vlastní fotografie)	51
Obrázek 28: Uložení kusů pro expedici (vlastní fotografie).....	51
Obrázek 29: Výrobky CD4 16mm (vlevo) a CD4 20mm (vpravo) (vlastní fotografie).....	56
Obrázek 30: Ishikawův diagram pro záměnu výrobků (vlastní zpracování)	56
Obrázek 31: Držák receiveru CD4 16 mm (vlastní fotografie)	57
Obrázek 32: Držák receiveru CD4 20 mm (vlastní fotografie)	57

Obrázek 33: Odchylka tvaru bočnice (vlastní zpracování).....	58
Obrázek 34: Ishikawův diagram pro montáž deformovaného kusu (vlastní zpracování)	59
Obrázek 35: Navrhované řešení problému (vlastní fotografie)	60
Obrázek 36: Firmou využívaný přepravní kontejner (packagingrevolution.net)	61
Obrázek 37: Uložení kusů pro expedici (vlastní fotografie).....	62
Obrázek 38: Vzniklá deformace (vlastní fotografie)	62
Obrázek 39: Předmět na dně kontejneru (vlastní fotografie).....	62
Obrázek 40: Vrstva lepenky na dně kontejneru (vlastní fotografie).....	62
Obrázek 41: Ishikawův diagram pro deformaci při přepravě (vlastní zpracování)	63
Obrázek 42: Vložka z pěnovkové výztuhy (kindfly.com, 2017)	64

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Klasifikace lidských chyb (Mašín, 2000, s. 254)	18
Tabulka 2: Význam jednotlivých barev při světelné signalizaci (Monden, 2012, s. 232)	23
Tabulka 3: Výrobní haly závodu Hluk firmy Hanon Systems Autopal, s. r. o. (Interní materiály podniku, 2017)	35
Tabulka 4: Objem produkce výrobní haly HOPE (vlastní zpracování dle interních materiálů podniku)	37
Tabulka 5: ABC analýza (vlastní zpracování)	38
Tabulka 6: Plán výroby na období 2016 – 2020 (vlastní zpracování dle interních materiálů podniku)	39
Tabulka 7: Míra růstu objemu produkce za období 2016 – 2020 (vlastní zpracování)	39
Tabulka 8: Procesní analýza montáže (vlastní zpracování)	45
Tabulka 9: PFMEA montážní linky CD4 16 mm (vlastní zpracování)	53

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P1 – Layout závodu Hluk

PŘÍLOHA P I: LAYOUT ZÁVODU HLUK

