



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

POKA YOKE SYSTÉM VÝROBY CVS VYSOKÁ TĚLA

POKA YOKE SYSTEM FOR PRODUCTION OVERSEE OF CVS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN BRŇÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Jan Brňák

ID: 98479

Ročník: 3

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Poka Yoke systém výroby CVS vysoká těla

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se se systémem Poka Yoke a FMEA.
2. Navrhněte možnosti kontroly práce operátora pro operace výroby CVS vysoká těla.
3. Navrhněte systém Poka Yoke pro vybrané operace.
4. Ověřte účinnost Poka Yoke systému na zvolených operacích.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Shingo, Shigeo. Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system. Portland, Oregon: Productivity Press, 1986. 303 s. ISBN 0-915299-07-0.

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 31.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav automatizační a měřicí techniky

POKA YOKE systém výroby CVS vysoká těla

Bakalářská práce

Studijní obor: Automatizační a měřicí technika

Student: Jan Brňák

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Anotace:

Tento dokument pojednává o jednotlivých druzích výroby, které byly vyvinuty pro snižování reklamační kvóty. Zejména se zaměřuje na metodu POKA-YOKE a FMEA.

Je zde vypracována teoretická část o jednotlivých metodách a jejich použití ve výrobě. Veškeré používané metody byly vypracovány a aplikovány na základě pozorování s danou výrobní linkou CVS vysokého těla ve firmě IMI International s.r.o.. V práci jsou zahrnuty veškeré chyby, které při výrobě vznikají, dále pak pojednává o zavedení opatření, která vedou k eliminaci vzniklých závad.

Opatření, která jsou zde navržena, jsou schválena a aplikována firmou IMI International s.r.o..

Klíčová slova:

POKA-YOKE, FMEA, spolehlivost, analýza výroby, bezporuchovost, chyby operátora, odstranění závad.

Brno University of technology

Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Control, Measurement and Instrumentation

POKA YOKE production system CVS high body

Bachelor's thesis

Specialisation of study: Department of Control, Measurement and Instrumentation

Student: Jan Brňák

Supervisor: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Abstract:

This document discusses the various types of production which have been developed to reduce the quota complaint. In particular, it focuses on the method POKA-YOKE and FMEA.

Theoretical part analyses individual methods and their use in production. All mentioned methods have been developed and applied to the observation of the production line of high body CVS in the company IMI International, s.r.o.. The bachelor work includes all errors that occur during manufacture, then discusses the introduction of measures that lead to the elimination of defects created.

The proposed measures are approved and applied in the company IMI International s.r.o..

Keywords:

POKA-YOKE, FMEA, reliability, analysis of production, operator errors, deficiencies

Bibliografická citace práce:

BRŇÁK, J. *Poka Yoke systém výroby CVS vysoká těla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 61 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma POKA YOKE systém výroby CVS vysoká těla jsem vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: 1. června 2010

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radku Štohlvi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: 1. června 2010

.....

podpis autora

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. PŘEDSTAVENÍ VÝROBNÍHO ZÁVODU.....	8
3. OD MECHANIZACE K AUTOMATIZACI	10
4. POKA – YOKE SYSTÉM VÝROBY	11
4.1 Příklady chyb u metody poka-yoke:.....	11
4.2 Zdroje vad	14
4.3 Prostředky POKA - YOKE.....	14
4.4 Časté aplikace metody	16
4.5 Jakost	16
5. PŘÍKLAD DALŠÍCH METOD A TECHNIK KTERÉ SE UPLATŇUJÍ PŘI ŘÍZENÍ NÁVRHU A VÝVOJE:.....	17
5.1 Metoda QFD (Quality Function Deployment).....	17
5.2 Metoda DOE - Navrhování experimentů (Design of Experiments).....	17
5.3 Analýza způsobů a důsledků poruch (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA)	18
5.3.1 Základní rozdělení metody FMEA:.....	18
5.3.2 Jak postupovat při návrhu:	20
5.3.3 Kritéria hodnocení závažnosti FMEA procesu	21
5.3.4 Kritéria hodnocení výskytu FMEA procesu.....	22
5.3.5 Kritéria hodnocení odhalitelnosti FMEA procesu.....	23
5.3.6 Přijetí opatření ke zlepšení a kvalifikace rizika po změně	24
5.3.7 Cíle FMEA.....	24
5.4 Týmová práce.....	25

6.	POSTUP VÝROBY PŘI KONSTRUKCI VYSOKÉHO VENTILU.....	26
7.	ANALÝZA MOŽNÝCH ZPŮSOBŮ A DŮSLEDKŮ ZÁVAD VYSOKÉHO VENTILU CVS (FMEA CVS)	32
7.1	Popis jednotlivých sloupců metody FMEA a popis řešení při navrhování.	32
8.	POTŘEBNÁ OPATŘENÍ VÝSLEDKŮ METODY FMEA	37
9.	NÁVRH POKA-YOKE U VZNIKLÝCH ZÁVAD	39
9.1	Příčina vady - Dodavatelská vada	39
9.2	Přešroubováno, nedošroubováno, strhlý závit	41
9.3	Vynechání (zapomenutí) součástky při montáži	46
9.3.1	„Předchystání“ součástí.....	46
9.3.2	Využití jednocestné optické závory	46
9.3.3	Využití laserových binárních senzorů	47
9.3.4	Kamerové systémy	49
10.	OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI POKA-YOKE NA DANÝCH OPERACÍCH..	52
11.	ZÁVĚR	55
12.	POUŽITÁ LITERATURA:	57
13.	SEZNAM OBRÁZKŮ:	59
14.	SEZNAM TABULEK:.....	60
15.	SEZNAM PŘÍLOH	61

1. ÚVOD

Úkolem bakalářské práce „POKA YOKE systém výroby CVS vysoká těla“ je seznámit se s danou metodou a navrhnout opatření, která zabrání chybám ve výrobě.

V tomto dokumentu je navázáno na semestrální projekt, kde je za spolupráce firmy IMI International s.r.o. s dceřinou pobočkou v Brně s názvem Norgren CZ (dále jen jako Norgren CZ) vypracována metoda FMEA, a analyzovány tak veškeré chyby, které při výrobě CVS vznikly.

Hlavním úkolem je navrhnout opatření. Tato opatření se budou aplikovat na místa, kde metoda FMEA analyzovala míru rizika přes hodnotu 200. Poté je nutné se zaměřit i na hodnoty nižší (nad hodnotu 100). Tímto způsobem se snažíme eliminovat počet vyskytujících chyb a zpřístupnit tak vyšší kvalitu výrobků, které se odesílají k zákazníkovi.

Daný CVS ventil slouží pro správné řízení a vedení pneumatických rozvodů, které se používají v nákladních automobilech (SCANIA, IVECO, VOLVO atd.).

Při vypracovávání práce je čerpáno z odborné české i zahraniční literatury a z informačních materiálů, které byly poskytnuty společností Norgren CZ.

Prvně bych chtěl poděkovat firmě Norgren CZ za poskytnutí materiálů při tvorbě mé bakalářské práce. Dále pak panu Dipl. Ing. Ondřeji Kubernátovi a bývalému zaměstnanci Petru Štohlovi za správné vedení, cenné rady a spolupráci.

2. PŘEDSTAVENÍ VÝROBNÍHO ZÁVODU

Název: IMI International s.r.o.
NORGREN CZ

Počet zaměstnanců: 400

Roční obrat: cca 2 mld. Kč

Norgren celosvětově:

Norgren CZ [16] je dceřinnou pobočkou nadnárodního koncernu IMI International s.r.o. se sídlem v Birminghamu ve Velké Británii, který je také evidován na Londýnské burze. Tato společnost patří se svým obratem více než 1,6 miliard liber mezi světově úspěšné a finančně stabilní společnosti.

Norgren v ČR:

Firma Norgren CZ [16] je výhradním dodavatelem pneumatických prvků a automatizačních systémů společnosti Norgren CZ v České republice a na Slovensku.

Výrobní závod Brno - Modřice zahájil výrobu v industriální zóně CTP v Modřicích dne 15. října 2002 v nově vybudovaném a moderním průmyslovém areálu pro strojírenskou výrobu.

Modřický závod je jedním z největších výrobních center společnosti Norgren CZ v Evropě a produkuje pneumatické válce, ventily, solenoidy a další výrobky pro zákazníky z celého světa. V současné době Norgren v Modřicích zaměstnává přibližně 400 zaměstnanců a předpokládá postupný nárůst objemu výroby v nejbližších třech letech až na hranici 2 miliardy korun ročně. Současně poroste i počet zaměstnanců.

Po tomto úspěšném převedení výroby do České republiky otvírá Norgren CZ v Modřicích vlastní vývojové centrum. Jedná se o jedno ze čtyř světových

vývojových center a bude se zaměřovat na vývoj pneumatických a hydraulických komponentů pro zákazníky z celého světa.



Obr. 2.1 Firma Norgren CZ [16]

3. OD MECHANIZACE K AUTOMATIZACI

Po celá staletí [1] byla většina lidstva odsouzena k tvrdé práci. Fantazie člověka proto vytvořila nástroje a stroje, které pracovaly místo něho, samy od sebe a automaticky. První zprávy o mechanizaci se objevily v době faraónů ve starém Egyptě, kde se používalo páry z ohřáté vody k otevření velkých chrámových vrat. První významné vynálezy v našem letopočtu se objevily v polovině 14. století. Byl to např. buben s kolíčky, který se dodnes používá jako kolíčkový program. Mezi konstruktéry automatů 16.století patří i Leonardo da Vinci, v jehož náčrtcích se nacházejí schémata různých mechanických pohybových prvků.

Následovalo opět dlouhé období [1] zdokonalování výrobních strojů, zvyšovala se úroveň jejich mechanizace (snižoval se rozsah fyzicky namáhaných prací) a začaly se objevovat prvky automatizace výrobního procesu, zejména v sériových výrobcích. Začíná nastupovat tzv. tvrdá automatizace. Znamená to, že pracovní cyklus stroje je vytvořen zpravidla na mechanickém principu a je schopen účinně řídit cyklus stroje opakovaně, rutinně – bez změny, a tudíž je určen převážně pro výrobu jediné součásti. Nelze jej snadno přestavit na novou technologickou úlohu (proto tvrdá automatizace). V současné době jsou představitelem tvrdé automatizace jednoúčelové linky a stroje, sestavené z typizovaných uzlů, určené k sériové výrobě jedné, případně několika málo součástí stejného typu. Z hlediska pracovního cyklu jsou buď automaty, vybavené zásobníky obráběných částí, nebo poloautomaty, u nichž vkládání a vyjímání obrobků provádí zaškolená obsluha stroje.

4. POKA – YOKE SYSTÉM VÝROBY

Technologie Poka-Yoke [1] existuje v různých formách již od začátku hromadné výroby.

Ale teprve japonský inženýr Shigeo Shingo rozpracoval tuto myšlenku do nástroje dosahování nuly vadných a eventuálního eliminování kontrol jakosti. Metodám, které prosazoval, se dříve říkalo "blbuvzdorné".

Později došel k závěru, že toto označení by mohlo řadu pracovníků odradit, a proto přišel s názvem Poka-Yoke, což se překládá jako "**zabraňování chybám – mistake-proofing**" nebo "**zabezpečení proti selhání – fail-safing** [2] ". Poka-Yoke může převzetím opakovaných úkonů nebo kroků, závisejících na pozornosti nebo paměti, uvolnit pracovníkův čas a myšlení ke tvořivějším činnostem. Faktem je, že lidé jsou velice zapomětliví a mají sklon dělat časté chyby. Na pracovišti jsou zaměstnanci často obviňováni za to, že chyby dělají. A tato skutečnost pracovníky nejen znechucuje a snižuje morálku, ale neřeší to problém.

Řada věcí se ve složitém pracovním prostředí nemusí podařit [3], téměř vždy se naskytnou příležitosti udělat chybu, která poté vede k závadám a špatným výrobkům. Za Poka-Yoke se skrývá to, že není přípustné vyrábět třeba i jen malý počet vadných výrobků. Jestliže chce být společnost konkurenceschopná, musí přijmout filosofii a i praxi produkování nuly vadných výrobků. Metoda Poka-Yoke je jednoduchým návodem pro dosažení tohoto cíle.

4.1 PŘÍKLADY CHYB U METODY POKA-YOKE:

Téměř všem chybám [1] lze nějakým způsobem zabránit. Abychom jim však mohli zabránit, je nutno identifikovat kdy, kde, a proč vznikají. Následně přijmout rozhodnutí a vhodný způsob jak jim předcházet. Téměř všechny vady jsou způsobeny chybami pracovníků (operátorů).

Mezi nejčastější chyby způsobené pracovníky patří tyto:

Záměrné chyby:

Někteří lidé dělají chyby schválně. Příkladem jsou trestné činy a sabotáže.

Způsob ochrany: Základní výchova, disciplína.

Chyby z překvapení:

Chyba může vzniknout také tím, že zařízení pracuje odlišně než se očekává. Příkladem je náhlá porucha stroje bez varování.

Způsob ochrany: TPM (Total Productive Maintenance).

Zapomnětlivost:

Tato chyba vzniká nejčastěji v sériové výrobě, při produkci až několika tisíc výrobků za směnu, tím dochází často k nesoustředění. Operátor například vynechá určitou část výroby, nebo zapomene namontovat drobný díl, který je nutný ke správné funkčnosti součásti.

Způsob ochrany: Nedovolit vyjmout dílec bez namontovaného komponentu, montážní linka musí operátora upozornit (signalizovat zvukově, světelně).

Chyby v identifikaci:

Například nezřetelné údaje na displeji, kde zobrazené hodnoty jsou viditelné na příliš krátkou dobu, nebo z příliš velké vzdálenosti.

Způsob ochrany: Pozornost, opatrnost, zvuková a světelná signalizace.

Chyby způsobené nedorozuměním:

Chyba je způsobená tím, že je učiněno rozhodnutí bez znalosti konkrétní situace.

Způsob ochrany: Výcvik, kontrola předem, standardizování pracovních postupů.

Úmyslné chyby:

Chyba je způsobená tím, že pracovník začne ignorovat postupy práce, které jsou přesně dané. Například vynechá určitou část v sestavování.

Způsob ochrany: Základní výchova a zkušenosti, označení dílu značkou po úspěšné kontrolní operaci.

Chyby prováděné amatéry:

Chyby mohou vzniknout také pokud nemá operátor dostatečně velké zkušenosti.

Například nový pracovník operaci nezná, nebo je s ní sotva obeznámen.

Způsob ochrany: Budování pracovních návyků, standardizace práce.

Chyby způsobené neexistencí norem:

K některým chybám dojde tím, že nejsou k dispozici vhodné instrukce nebo pracovní normy. Způsob ochrany: Standardizace práce, pracovní instrukce.

Neúmyslné chyby:

Chyba může vzniknout tím, že pracovník se nesoustředí na práci a provede chybně danou operaci, aniž by věděl, jak k tomu došlo.

Způsob ochrany: Pozornost, disciplína, standardizace práce.

Chyby způsobené pomalostí:

Z důvodu nerozhodnosti (pomalého rozhodování, neznalosti) může dojít k zdravotní újmě, popř. finanční ztrátě. Například osoba, která se učí řídit, šlápne na brzdu opožděně.

Způsob ochrany: Budování pracovních návyků, standardizace práce.

4.2 ZDROJE VAD

Každá odchylka od předepsaného technologického postupu, konstrukčních požadavků, nebo i odchylka správné funkce výrobku je považována za vadu. V této formě existuje mnoho různých vad.

Jednotlivé druhy vad [10]:

- a) Špatné díly
- b) Zpracování vadného kusu
- c) Zařízení nenastaveno, neseřízeno
- d) Nástroje a přípravky nesprávně připevněné
- e) Vynechaná montážní operace
- f) Vadná montáž
- g) Chybějící díly
- h) Nesprávné provedení operace
- i) Nesprávné upínání kusu
- j) Nedotažený díl, vypadlý, uvolněný

Prostředky POKA-YOKE zabrání vzniku vady, i když k těmto chybám dojde, tzn. že napomáhají zabudovat jakost do procesů.

4.3 PROSTŘEDKY POKA - YOKE

Základem a hlavní podstatou této metody je opatření proti vzniklým chybám, v lepším případě okamžitá detekce ve výrobě a případná náprava.

Jednotlivé typy prostředků POKA–YOKE [10] dělíme podle jejich funkce a podle nastavení:

- a) Kontrola zjišťující chyby se nasazuje v místě jejich zdroje – před tím, než způsobí vadu. Příkladem může být kolík, který zabrání nesprávné orientaci opracovávaného dílu.

- b) Úplná kontrola dílu pomocí spolehlivého a levného snímacího prvku jako např. koncový spínač.
- c) Okamžité kroky k zastavení operace jakmile je zjištěna vada, (např. blokovací obvod, který automaticky vypne stroj).

Nejúčinněji lze předcházet vadám tak, že detekci umístíme přímo v místě vzniku. Tímto by se zastavila následná výroba dílu. Tato činnost patří mezi cenné součásti procesu snižování vad.

Použité prostředky [4] mohou být i velmi jednoduché a levné, příkladem je použití koncového snímače a blokovacího kolíku, který nám může posloužit pro správné umístění dílu. Cílem těchto prostředků není odstranění potřeby určitých pracovních dovedností jakým je například počítadlo nebo alarm, ale zjednodušit pracovníkovi práci a postup výroby, při které by chyba nastala a tuto chybu odstranit. Při tomto postupu využijeme všech „vylepšení“ které zde byla použita.

Příklad: Za pomocí snímače byla detekována přítomnost špatné či vadné součásti, daná operace se zastaví a až poté, co se tato operace napraví, je možné pokračovat dále ve výrobě. Pro efektivní funkci je tento krok plně závislý na pracovníkovi, který musí vhodně reagovat. Jsou-li zaměstnanci motivováni a zainteresováni na zlepšování výrobku nebo procesu, mohou tyto prostředky významně snížit počet chyb. Vedoucí pracovníci společnosti sami musí mít představu v oblasti systému jakosti, a musí vytvořit ve společnosti takovou kulturu a prostředí, aby zaměstnanci společnosti byli motivováni na přijetí jejich představy. Například poskytnutí času a podpůrných zdrojů pracovním týmům k analyzování problémů.

4.4 ČASTÉ APLIKACE METODY

Optické snímače

Tyto typy snímačů se nejčastěji používají pro detekování přítomnosti dílce. V okamžiku kdy snímač detekuje špatný nebo chybějící dílec, vyšle signál do řídicí jednotky systému, který zastaví výrobu.

Signalizace může být světelná nebo zvuková.

Počítadla

Použití pro počítání předem nastavených hodnot, které se mají do montovaného dílce aplikovat. Pokud se tato hodnota liší od nastavené, opět se linka zastaví.

Signalizace: světelná, zvuková

Koncové snímače

Koncové snímače slouží pro detekci správné pozice dílce a až poté je spuštěn další postup operací.

Vodící kolík

Tyto kolíky lze umístit do spodního dílu formy. Zhora do nich pak bude přesně zapadat horní díl dílce. Používají se pro přesné umístění a není zde možná záměna s jinou součástí. Lze použít kolík libovolných velikostí.

4.5 JAKOST

Jakost [1] je souhrn vlastností a charakteristik výrobků, činností, procesů, systému, osob či jejich kombinaci, které ovlivňují schopnost uspokojovat stanovené nebo předpokládané potřeby.

5. PŘÍKLAD DALŠÍCH METOD A TECHNIK KTERÉ SE UPLATŇUJÍ PŘI ŘÍZENÍ NÁVRHU A VÝVOJE:

QFD (Quality Function Deployment)

DOE (Design of Experiments – Navrhování experimentů)

FTA (Failure Tree Analysis – Analýza stromu poruch)

Hodnotová analýza (Value Analysis)

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis – Analýza způsobů a důsledků poruch)

A již zmíněná technologie **POKA - YOKE**.

5.1 METODA QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT).

Metoda QFD [5] (Quality Function Deployment) je metodou plánování jakosti, založenou na principu maticového diagramu. Představuje důležitý nástroj orientace na zákazníka a strukturovaný přístup pro stanovení požadavků zákazníka a jejich transformaci do dalších stádií plánování jakosti produktů a procesů.

5.2 METODA DOE - NAVRHOVÁNÍ EXPERIMENTŮ (DESIGN OF EXPERIMENTS)

Metoda DOE [7] je založena na jednoduché myšlence: naprojektovat výrobek a proces tak, aby byl při výrobě, distribuci i užití odolný proti působení rušivých vlivů na jakost, tedy vykazoval co nejmenší variabilitu.

5.3 ANALÝZA ZPŮSOBŮ A DŮSLEDKŮ PORUCH (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS - FMEA)

FMEA [3] je zkratkou anglických slov Failure Mode and Effect Analysis, což je do češtiny překládáno jako analýza možných vad a jejich důsledků.

FMEA je komplexní metodou rozboru návrhu výrobku z hlediska možností vzniku jeho poruch v provozu a důsledků těchto poruch pro činnost výrobku spojená s kvantitativním hodnocením závažnosti poruch.

Navrhovaný výrobek [6] je uvažován jako funkční systém, který se postupně rozkládá do podsystémů a prvků s cílem identifikovat pro jednotlivé prvky všechny možné typy poruch, jejich příčiny a důsledky pro činnost podsystémů (resp. systému) při daném systému prevence a detekce.

Poruchy jsou chápány jako neshody v nejšířším slova smyslu.

Nejzákladnější věcí u metody FMEA je její včasné použití, měla by se zavádět před tím, než nám můžou vzniknout nějaké chyby.

5.3.1 Základní rozdělení metody FMEA:

a) FMEA systému [3] [6]

Analyzuje systémy a subsystémy. Zaměřuje se na druhy vad, které jsou způsobené nedostatky systému.

b) FMEA návrhu [3] [6]

Analyzuje výrobek dříve, než se začne s výrobou. Zaměřuje se na druhy vad způsobené nedostatky návrhu.

FMEA návrhu omezuje rizika závad, že:

- vyhodnocuje stávající návrh a vytváří jiné alternativní návrhy
- zvyšuje pravděpodobnost, že budou závady uvaženy již v procesu návrhu
- vytváří seznam možných závad podle dopadů na zákazníka

- vytváří systém priorit pro zlepšení návrhu

FMEA návrhu nespolehá na řízení procesu, ale bere v úvahu technické a fyzikální meze výrobního procesu:

- omezená jakost povrchu
- montážní prostor
- přístup k nástrojům
- tolerance, výkonnost, ...

c) FMEA procesu[3] [6]

Analyzuje výrobní a montážní procesy. Zaměřuje se na nedostatky procesu výroby nebo montáže.

- FMEA procesu:**
- identifikuje funkce a požadavky procesu
 - identifikuje možné způsoby závad
 - hodnotí působení závad na zákazníka
 - sestavuje seznam závad seřazených podle pořadí
 - zavádí systém priorit

FMEA procesu má být vypracována:

- před nebo v průběhu posuzování proveditelnosti
- před vybavením výroby nástroji
- tak, aby brala v úvahu veškeré výrobní operace

d) FMEA výrobku[3] [6]

Analyzuje současně konstrukci i výrobní proces jako celek. Často řízena zákazníkem.

e) *FMEA servisu a služeb*[3] [6]

Analyzuje servis dříve, než se dostane k zákazníkovi. Je soustředěna na druhy vad, které jsou způsobené nedostatky systému nebo procesu.

5.3.2 Jak postupovat při návrhu:

Analýza rizika:

Pro jednotlivé prvky systému se identifikují:

- všechny možné typy poruch
- jejich příčiny
- jejich důsledky

Analýza [3] začíná výběrem nejnižší úrovně systému. U ní se vytvoří přehled všech možných projevů poruch, které mohou nastat u každého prvku na této úrovni.

Prvky jsou posuzovány jednotlivě a po řadě. Důsledek poruchy každého z nich je považován za projev poruchy na vyšší hladině systému. Tak se postupuje stále výš, až po identifikaci důsledků pro systém jako celek. Projevy a důsledky poruch se formulují v uživatelské terminologii.

Ohodnocení rizika

Jednotlivé poruchy se ohodnocují podle :

- závažnosti (význam pro zákazníka) viz. Tab. 5.3.3.
- pravděpodobnosti výskytu viz Tab. 5.3.4.
- pravděpodobnosti včasného odhalení viz Tab. 5.3.5.

Ke kvantifikaci [3] se používá sjednocených hodnotících stupnic přidělujících u každého z těchto tří kritérií body od 1 do 10. Pronásobením jednotlivých ohodnocených kritérií je určeno rizikové číslo, které určuje stupeň naléhavosti problému. Prioritou číslo jedna se tedy stává porucha, která má vysokou pravděpodobnost výskytu, je zřídka odhalitelná a pro zákazníka má velmi tíživé důsledky.

5.3.3 Kritéria hodnocení závažnosti FMEA procesu

Tab. 5.3.3. Kritéria hodnocení závažnosti FMEA procesu [3]

Důsledek	Kritéria závažnosti důsledku		Známka
	Tato známka přísluší, když možný způsob závady vede k vadě patrné finálnímu zákazníkovi. Finální zákazník má být vždy uvažován jako první. Vyskytují-li se oba případy, použijte větší závažnost. (Dopad na zákazníka)	Tato známka přísluší, když možný způsob závady vede k vadě patrné výrobnímu/montážnímu závodu. Finální zákazník má být vždy uvažován jako první. Vyskytují-li se oba případy, použijte větší závažnost. (Dopad na výrobu/montáž)	
Kritický bez výstrahy	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení a/nebo znamená nesplnění závazného předpisu s výstrahou.	Nebo může bez výstrahy ohrožovat operátora (stroj nebo sestavu)	10
Kritický s výstrahou	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení a/nebo znamená nesplnění závazného předpisu s výstrahou.	Nebo může ohrožovat operátora (stroj nebo sestavu) s výstrahou.	9
Velmi závažný	Zařízení/prvek nefunkční (ztráta základní funkce).	Nebo se musí 100% výrobků šrotovat, nebo se musí výrobek/prvek opravit v opravárenské dílně za dobu delší než 1 hodina.	8
Závažný	Zařízení/prvek funguje, ale úroveň výkonu je snížena. Zákazník je velmi nespokojen.	Nebo se musí výrobek přetřídít a část (méně než 100%) výrobků šrotovat, nebo se musí zařízení/prvek opravit v opravárenské dílně za dobu od 1/2 do 1 hodiny.	7
Mírný	Zařízení/prvek funguje, ale položky určující pohodlí nefungují. Zákazník nespokojen.	Nebo se musí část (méně než 100%) výrobků šrotovat bez třídění, nebo se musí zařízení/prvek opravit v opravárenské dílně za dobu kratší než 1/2 hodiny.	6
Nízký	Zařízení/prvek funguje, ale prvky podmiňující pohodlí fungují se sníženým výkonem. Zákazník je poněkud nespokojený.	Nebo se musí 100% výrobků nebo zařízení/prvků přepracovat mimo linku, ale nemusí jít do opravárenského oddělení.	5

Velmi nízký	Úprava/skřípot a drnčení prvku neodpovídá. Vady si všimne většina zákazníků (přes 75%).	Nebo se výrobek musí přetřídít bez šrotování a část (menší než 100%) se musí přepracovat.	4
Nepatrný	Úprava/skřípot a drnčení prvku neodpovídá. Vady si všimne 50% zákazníků.	Nebo se musí část (méně než 100%) výrobků přepracovat bez šrotování, na lince, ale mimo normální pozici.	3
Zanedbatelný	Úprava/skřípot a drnčení prvku neodpovídá. Vady si všimnou kritičtí zákazníci (méně než 25%).	Nebo se musí část (méně než 100%) výrobků přepracovat bez šrotování, na lince a na normální pozici.	2
Žádný	Žádný znatelný důsledek.	Nebo nepatrná obtíž v operaci nebo pro operátora nebo žádný dopad.	1

5.3.4 Kritéria hodnocení výskytu FMEA procesu

Tab. 5.3.4. Kritéria hodnocení výskytu FMEA procesu [3]

Pravd. Vady	Možné četnosti závad	Ppk	Bodování
Velmi vysoká: Neustálé závady	≥ 100 na 1000 kusů	$< 0,55$	10
	50 na 1000 kusů	$\geq 0,55$	9
Vysoká: Časté závady	20 na 1000 kusů	$\geq 0,78$	8
	10 na 1000 kusů	$\geq 0,86$	7
Mírná: Občasné závady	5 na 1000 kusů	$\geq 0,94$	6
	2 na 1000 kusů	≥ 1	5
	1 na 1000 kusů	$\geq 1,1$	4
Nízká: Poměrně málo závad	0,5 na 1000 kusů	$\geq 1,2$	3
	0,1 na 1000 kusů	$\geq 1,3$	2
Vzácná: Závada je nepravděpodobná.	$\leq 0,01$ na 1000 kusů	$\geq 1,67$	1

5.3.5 Kritéria hodnocení odhalitelnosti FMEA procesu

Tab. 5.3.5. Kritéria hodnocení odhalitelnosti FMEA procesu [3]

Odhalení	Kritéria	Druhy kontroly			Návrh rozsahu metod odhalování	Známka
		A	B	C		
Téměř vyloučené	Absolutní jistota, že nebude odhaleno.			x	Nedá se odhalit nebo se nekontroluje.	10
Velmi nepravděpodobné	Nástroje řízení závadu pravděpodobně neodhalí.			x	Řízení se provádí jen nepřímo nebo náhodnými kontrolami.	9
Nepravděpodobné	Nástroje řízení mají malou šanci závadu odhalit.			x	Řízení se provádí jen vizuální kontrolou	8
Velmi nízká pravděpodobnost	Nástroje řízení mají malou šanci závadu odhalit.			x	Řízení se provádí jen dvojí vizuální kontrolou	7
Nízká pravděpodobnost	Nástroje řízení mohou závadu odhalit		x	x	Řízení se provádí pomocí diagramů jako je SPC.	6
Mírná pravděpodobnost	Nástroje řízení mohou závadu odhalit		x		Řízení se opírá o měření, když součásti opustily pracoviště, nebo kontrolu kalibrem sta procent součástí, když opustily pracoviště.	5
Poněkud vyšší pravděpodobnost	Nástroje řízení mají dobrou šanci závadu odhalit.	x	x		Odhalování chyb v následných operacích, nebo kontrola kalibrem prováděná po seřízení a kontrola prvního kusu (jen po seřizování).	4
Vysoká pravděpodobnost	Nástroje řízení mají dobrou šanci závadu odhalit.	x	x		Odhalení chyb na pracovišti nebo v následujících operacích vícenásobnými přejímkami: při dodání, výběru, instalaci, verifikaci. Nedají se převzít neshodné součásti.	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	Nástroje řízení téměř s jistotou závadu odhalí.	x	x		Odhalení chyb na pracovišti (automatické měření s automatickým pozastavením). Nemůže propustit neshodné díly.	2
Téměř jistota	Nástroje řízení odhalí závadu s jistotou.	x			Neshodné součásti se nedají vyrobit, protože prvek byl návrhem procesu/výrobku proti vzniku vad zajištěn.	1

5.3.6 Přijetí opatření ke zlepšení a kvalifikace rizika po změně

Tento krok [3] se soustřeďuje na opatření k předcházení vzniku poruch a jejich průniku do dalších částí systému, a to zásahem do struktury prvků, charakteru vazeb i kontrolních mechanismů u nejkritičtějších poruch. Pro tuto změnu je pak znovu provedena analýza a ocenění rizika.

Oblasti aplikace metody FMEA [12]:

DFMEA - Analýza způsobů a důsledků poruch v návrhu (Design FMEA)

PFMEA - Analýza způsobů a důsledků poruch procesu (Process FMEA)

SFMEA - Analýza způsobů a důsledků poruch systémů (System FMEA)

5.3.7 Cíle FMEA

Cílem [3] je již ve fázi vývoje nového výrobku definovat všechny možné vady související s daným výrobkem / procesem a pro potenciálně nejrizikovější vady realizovat preventivní opatření.

Moderní přístupy k organizaci navrhování a vývoje [6] :

- integrované řešení všech potřebných aspektů a paralelnost jednotlivých fází (simultánní inženýrství),
- paralelní vývoj více verzí téhož produktu a rozhodnutí o přijetí optimální varianty až v poslední fázi,
- maximální využití počítačového projektování, příp. vynechání prototypové fáze, které je umožněno precizností předchozích etap a prověření počítačovou simulací provozních podmínek.

Vhodné organizační formy: týmová práce v podobě maticových a projektových organizačních struktur.

5.4 TÝMOVÁ PRÁCE

Osvědčenou cestou ke změně postojů je týmová práce [4][7]. Chování lidí je totiž široce určováno rolemi, které mají vykonávat. Když pro ně vytvoříte nové odpovědnosti a týmové role, rozvine se nová situace, která změní kulturu. Týmová práce vede ke stmelení, k odevzdání se pracovníků jejich novým rolím a novým odpovědnostem, a tím ke ztotožnění se s organizací a jejich procesy. Praxe ukázala, že mnohé programy zaměřené na změny znalosti a postojů jednotlivců nebyly zdaleka tak úspěšné, jako postupy založené na procesních týmech.

6. POSTUP VÝROBY PŘI KONSTRUKCI VYSOKÉHO VENTILU



Obr. 6.1. Kompletní CVS ventil

Pro správnou a úplnou montáž CVS ventilu (viz. Obr. 6.1.) je nutné si prostudovat materiály a technickou dokumentaci [8], [9] a pokud je to možné, tak několikrát absolvovat celý postup výroby spolu s již zaučeným operátorem.

Jako první krok výroby bychom měli zkontrolovat všechny dokumenty a projít správnost nastavení jednotlivých testů a nastavení, aby nevznikaly chyby ihned v počátku výroby (například při ražení štítků).



Obr. 6.2. CV ventil

Další krok spočívá ve vložení CVS ventilu do přípravku (Obr. 6.2.). Tento ventil bychom měli před vložení do těla vizuálně zkontrolovat (nesmí chybět o-ring, nesmí být zdeformovaná část). Na rozdíl od nízkého ventilu je zde pouze jedna patrona, která se upevňuje do těla. Tuto patronu vložíme do montážního zařízení a dbáme na to, abychom ji nasadili správně (nesmí být otočena, přetočena o 180°).

Jako třetí krok provedeme zalisování CVS ventilu do těla (Obr. 6.3.). Tělo máme upevněné v držáku naproti ventilu a zalisování provedeme zmáčknutím dvou zelených tlačítek.



Obr. 6.3. Tělo CVS

Před vložení zásuvky do těla je nutné ji otestovat zda je zde přítomnost okroužku. Na toto otestování je již vynalezen výrobek typu POKA-YOKE, ale vzniká na něm chyba vlivem operátora, který provede zmáčknutí přípravku sám a tudíž nemusí zásuvku testovat. Tato chyba by se měla napravit aby ji operátor přeskočit nemohl. Vhodným opatřením je například snímání za pomoci optické závory, zda byla zásuvka vložena do testeru a až poté by se otevřela další část výroby.

Nyní otestovanou zásuvku vložíme do těla a provedeme zalisování. Pozor se musí dávat především na to, abychom zásuvku nevložili obráceně (otočenou o 180°). Pokud by byla takto vložena, dojde s největší pravděpodobností k elektrickému zkratu a nefunkčnosti celého ventilu. Dále provedem přišroubování čtyř šroubů pomocí momentového šroubováku. Zde se vyskytuje jedna z nejčastějších chyb a to nedošroubování, chybění šroubů a přílišné přetažení šroubů. Pokud šrouby nejsou dostatečně přišroubovány (Obr. 6.4.) může nastat to, že se zásuvka časem uvolní a

přípravek se stane nefunkčním. Je to v podstatě to samé, jako když šroub chybí zcela. Při přetažení šroubu může dojít k prasknutí zásuvky. Před touto chybou nás však chrání momentový šroubovák, který je předem nastaven na určitou sílu. Může se ale stát, že je špatně nastaven a tudíž k přetažení šroubu dojde. Další chyba která se může vyskytnout je vložení špatných šroubů (jiná velikost, tloušťka, jiný typ hlavy šroubu).



Obr. 6.4. Šrouby na zásuvce

Při správném dotažení testujeme přítomnost šroubů. Pokud šrouby chybí, tak zbytek celé výroby se zablokuje a nemůže pracovat dále. Po kontrole vyjmeme tělo a vložíme ho do další části výroby.

Tento bod spočívá v zalisování kuličky do složeného závitu s lepidlem - gewindestueck (Obr. 6.5.). Zde opět může vzniknout chyba vlivem zalisování (nedolisování, přelisování). Kulička může zcela chybět a ventil se stane nefunkčním, dále může být kulička větší či menší. U gewindestueckeru nesmí chybět lepidlo!



Obr. 6.5. Pohled na gewindestueck

Další krok spočívá v našroubování gewindestueckeru do těla tak, aby nevznikla chyba v úhlu našroubování. Poté ho dotáhneme ručním momentovým šroubovákem (Obr. 6.6.). Při této operaci často dochází k ucpání ventilu, proto musíme dbát na očištění těla během šroubování a po došroubování tělo zcela očistit od přebytečného lepidla.



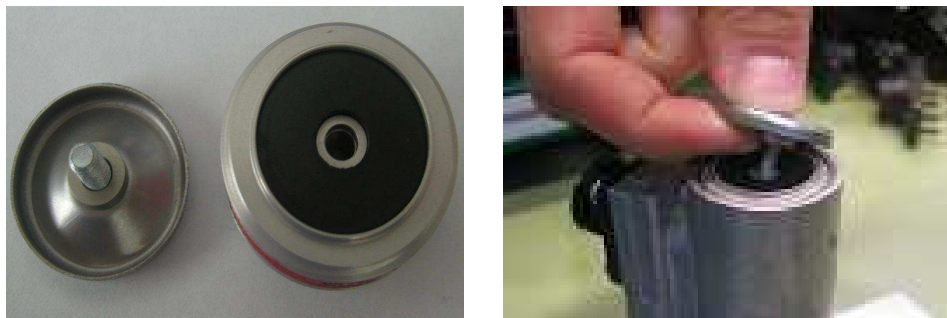
Obr. 6.6. Zašroubování gewindestuecku

Nyní na hrot bočního šroubováku umístíme měděnou matici s gumovým kroužkem, plastovou svorkou a pružinovou podložku (Obr. 6.7.). Celý tento komplet zašroubujeme do těla pomocí momentového šroubováku. Opět musíme dbát na správné vložení všech částí. Zde by se mělo navrhnout POKA-YOKE.



Obr. 6.7. Zašroubování násady

Jako poslední je nasazení deckelu na ventil. Nejprve musíme nasadit gumovou membránu do gewindestueckeru (Obr. 6.8.), vizuálně ji zkontrolujeme zda není nějakým způsobem poškozená. Mezi deckel (víko) a membránu se nasazuje hliníková podložka. Poté víko nasadíme (může vzniknout to, že deckel nasadíme obráceně). Po nasazení obou částí zašroubujeme vše pomocí momentového šroubováku. Po zašroubování provedeme vizuální kontrolu, zda je vše správně zašroubováno.



Obr. 6.8. Pohled na deckel a jeho umístění

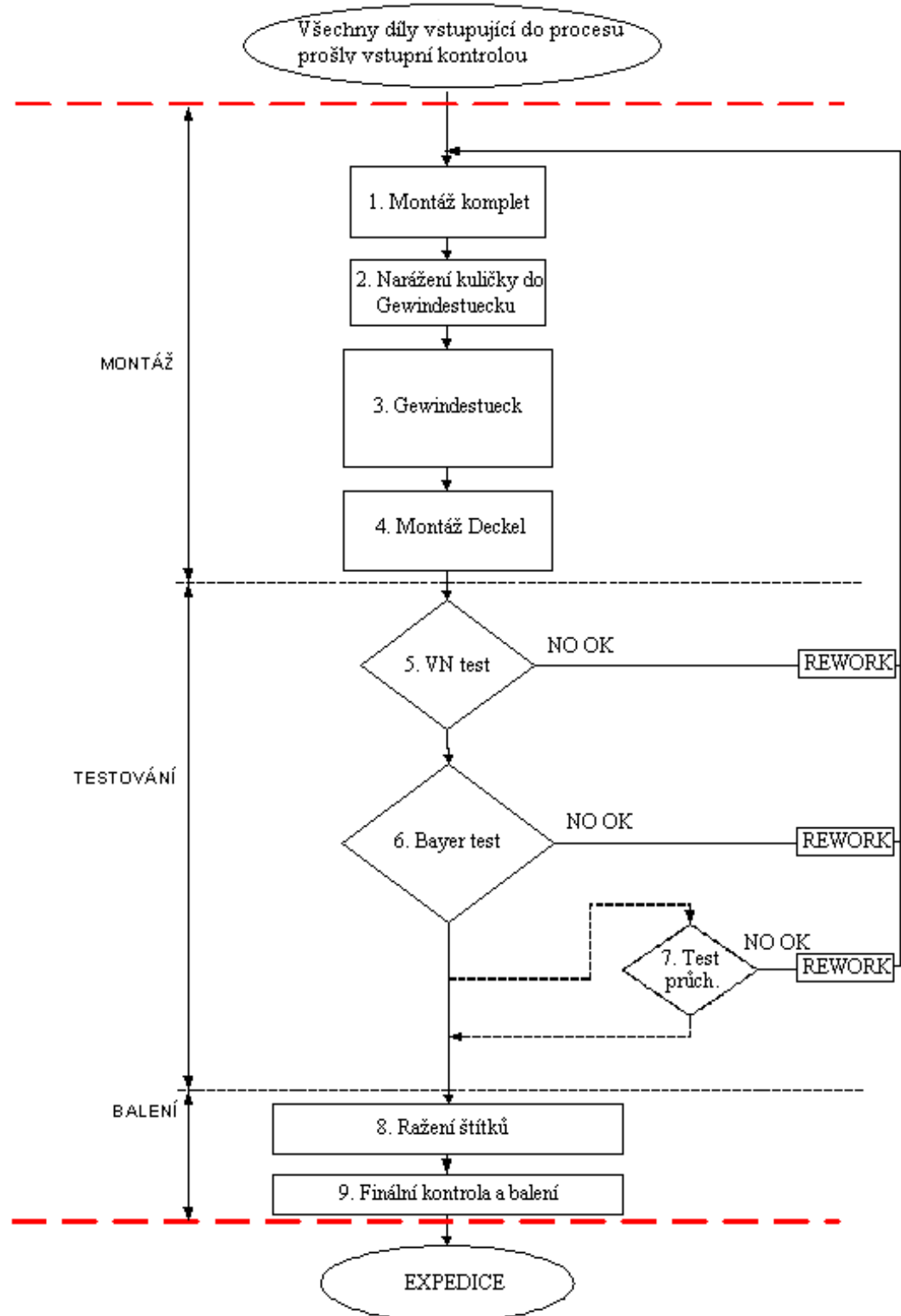
Při ražení štítků se dbá na správnost údajů, na čitelnost údajů a správné vyražení. Jako chyba se zde může vyskytnout i to, že na štítku bude částečně nečitelné označení a operátor tento název přečte špatně, výrobek zařadí mezi jiný typ výrobků.

Vysoké tělo je hotové a připraveno na expedici - Obr. 6.9.



Obr. 6.9. Hotový výrobek CVS

BLOKOVÝ DIAGRAM POSTUPU VÝROBY



Obr. 6.10. Vývojový diagram postupu výroby

7. ANALÝZA MOŽNÝCH ZPŮSOBŮ A DŮSLEDKŮ ZÁVAD VYSOKÉHO VENTILU CVS (FMEA CVS)

Ještě před zahájením aplikace systému POKA-YOKE je dobré mít hotový protokol FMEA pro analýzu chyb.

Při práci na metodě FMEA jsem měl možnost sledovat operátora během konstrukce ventilu. Je také vhodné si linku důkladně prostudovat. Na základě těchto zkušeností je sestaven za pomoci vzniklého týmu vlastní protokol metody FMEA.

7.1 POPIS JEDNOTLIVÝCH SLOUPCŮ METODY FMEA A POPIS ŘEŠENÍ PŘI NAVRHOVÁNÍ.

Krok procesu – V tomto kroku jsou vypsány veškeré postupy, které při výrobě ventilu probíhají.

Vada – Projev vady – Zde uvádíme veškeré možné závady spojené s daným krokem procesu a jeho funkcí. Předpokládá se, že k poruše může dojít, ale nemusí. Doporučení je vycházet z již dřívějších selhání a problémů. Berou se v úvahu i možné způsoby závad, které mohou nastat jen za určitých provozních podmínek.

Možný důsledek vady – Definuje se jako důsledek projevu vady na funkci a jak je vnímá zákazník. Popisujeme zde veškeré chyby které nastanou, pokud vznikne daná vada.

Chyby které zde vznikly:

- potenciálně nefunkční ventil - ventil je s největší pravděpodobností nefunkční

- snížená hodnota IP - tento důsledek vady vznikne nejčastěji ve spojení s těsněním (chybějící těsnění, poškozené těsnění)
- možný elektrický zkrat - vzniká nejčastěji v nesprávném propojení součástí
- nesplňuje požadavky zákazníka - nastává například při použití jiných typů šroubů
- ohrožení funkčnosti - ventil se může za určitých pracovních podmínek stát nefunkční
- netěsnost dílu - u tohoto typu vady může dojít například ke kontaminaci ventilu

Závažnost – závažnost je známka spojená s nejzávažnějším důsledkem možného důsledku vady. Závažnost hodnotíme čísly od 1 do 10. Číslem 1 určujeme závažnost nejmenší. Číslem 10 se určuje závažnost největší. Pro posouzení závažnosti se používá Tab. 5.3.3.

Příčina vady – příčina vady je definována jako příznak slabiny návrhu, jejímž důsledkem je způsob závady. Tyto příčiny jsou v návrhu uvedeny co nejstručněji a nejúplněji, aby náprava mohla být zaměřena na příslušné příčiny.

Příčiny vady které zde vznikly:

- chyba operátora – tato příčina vzniká vlivem operátora a to například v přeskočení dané operace, špatného dotažení určitých částí výrobku
- dodavatelská vada – vada vznikla při dodání jiného typu součásti.

Výskyt – Výskyt určuje pravděpodobnost výskytu dané závady. Výskyt hodnotíme čísly od 1 do 10. Číslem 1 určujeme závady, jejichž výskyt je velmi nepravděpodobný. Číslem 10 se určují neustálé závady, jejichž četnost je velmi vysoká. Pro posouzení závažnosti se používá Tab. 5.3.4..

Stávající prevence – zahrnují přiměřené preventivní opatření vztahující se ke způsobu závady. Prevence slouží k předcházení výskytu závad. Stávající nástroje řízení se uplatňují pro stejné nebo podobné návrhy. Tato opatření by jsme se měli snažit co nejvíce zlepšit.

Stávající prevence které zde vznikly:

- vstupní kontrola – tato prevence se nejčastěji používá společně s dodavatelskou vadou, která se vyskytuje v příčině vady. Vstupní kontrola zahrnuje veškerá opatření, které učiní operátor před zapnutím celé výrobní linky, nebo ji provede skladník při přebírce materiálu od dodavatele. Zpravidla díl nepůjde smontovat (viz. kapitola 9.1).
- Opatření u dodavatele – dodavatel provede určité kroky které zabrání v záměně materiálu.
- Pracovní instrukce – tato stávající prevence spočívá ve správném prostudování pracovních instrukcí. Operátor by měl tuto „chybu“ co nejdříve napravit.
- Pravidelná kalibrace – revizní technik v průběhu výroby kontroluje správnost nastavení všech testů.
- Proškolení operátora – prevence spočívá ve správném proškolení operátora. Při nesprávném proškolení může vzniknout chyba, která se bude stále opakovat. Například při ražení štítků.
- POKA-YOKE systém – zde již byl navržen systém POKA-YOKE který zabrání chybám na dané operaci. Provede se zde také blokace následné operace. Tuto blokaci operátor odstraní jedině až při správném provedení jednotlivých kroků.

Stávající odhalení – Je to seznam preventivních opatření návrhu, nebo jiných činností, které byly dokončeny nebo zavedeny.

Stávající odhalení které zde vznikly:

- vizuální kontrola – spočívá ve vstupní kontrole.
- POKA-YOKE systém
- Bayer test – tento test odhalí například špatné CV, chybějící CV, obráceně nasazené CV, poškozené kontakty na zásuvce.

Odhalení – je známka spojená s odhalitelností jednotlivých typů chyb. Odhalitelnost hodnotíme čísly od 1 do 10. Číslem 1 určíme největší odhalitelnost. Číslem 10 se určuje nejmenší odhalitelnost. Pro posouzení závažnosti se používá Tab. 5.3.5..

Míra rizika – Ukazatel priority rizika je součinem známek závažnosti, výskytu a odhalitelnosti.

$$\text{Míra rizika} = \text{závažnost} \times \text{výskyt} \times \text{odhalení}$$

V rámci řešení FMEA se tato hodnota používá pro sestavení pořadí problémů návrhu.

Doporučená opatření – technické přezkoumání pro přípravu preventivního opatření k nápravě má být zaměřeno nejdříve na vysokou závažnost a vysokou míru rizika. Záměrem jakéhokoli doporučení opatření je snížení známek v tomto pořadí: závažnost, výskyt, odhalitelnost.

Vyskytuje-li se závažnost 9 nebo dokonce 10, musíme ve všeobecné praxi věnovat zvláštní pozornost řešení rizika stávajícím opatřením řízení návrhu, nebo preventivními opatřeními k nápravě bez zřetele na míru rizika.

Primárním cílem doporučených opatření je omezit míru rizika a zvýšit spokojenost zákazníka zlepšením návrhu.

U této části budeme dále řešit veškeré návrhy týkající se systému POKA-YOKE.

Odpovědnost za doporučená opatření – Zde zapíšeme organizační jednotku a osobu zodpovědnou za každé doporučené opatření.

Termín plnění – datum návrhu opatření

Splněno – datum hotového opatření

Závažnost – nová závažnost po zavedení opatření

Výskyt – nový výskyt po zavedení opatření

Odhalení – nová odhalení po zavedení opatření

Míra rizika - nová míra rizika po zavedení opatření

8. POTŘEBNÁ OPATŘENÍ VÝSLEDKŮ METODY FMEA

Jak již bylo zmíněno, tak jsou mezi sebou vynásobeny kritéria závažnosti, výskytu a odhalení. Pronásobením těchto jednotlivých ohodnocení získáme tzv. míru rizika, která určuje naléhavost problému. Největší prioritou se stává porucha s největším číslem a tudíž jí musíme věnovat co největší pozornost. Pomocí opatření provedených v procesu se snažíme snížit toto riziko na doporučenou hodnotu využitím metody POKA-YOKE. V níže uvedených tabulkách (Tab. 8.1., Tab. 8.2., Tab. 8.3) jsou uvedené vady, které je nutné vyřešit.

Kompletní FMEA před návrhem je doložena v příloze číslo 1.

Krok 1 - Montáž komplet

Tab. 8.1. Montáž komplet - chyby

Vada	míra rizika	Příčina vady
Chybějící nefunkční těsnění	105	Dodavatelská vada
poškozené těsnění (naříznuté)	105	Dodavatelská vada
chybí šroub	160	Chyba operátora
nedošroubováno	160	Chyba operátora
přešroubováno (utržený šroub)	120	Chyba operátora
strhlý závit	120	Chyba operátora
poškozená zásuvka vlivem šroubování	240	Chyba operátora

Krok 3 – Gewindestueck

Tab. 8.2. Montáž Gewindestuecku - chyby

Vada	míra rizika	Příčina vady
boční měděný šroub nedošroubován	120	Chyba operátora
boční měděný šroub nemá gumový kroužek	160	Chyba operátora
gumový kroužek je prasklý	160	Dodavatelská vada
boční měděný šroub nemá plastovou svorku	160	Chyba operátora
plastová svorka je prasklá	160	Dodavatelská vada
boční měděný šroub nemá pružinovou podložku	160	Dodavatelská vada/ Chyba operátora

Krok 4 - Montáž Deckel

Tab. 8.3. Montáž deckel - chyby

Vada	míra rizika	Příčina vady
vychýlená membrána z osy	126	Chyba operátora
zapomenutí na vymežovací kroužek	160	Chyba operátora
větší průměr vymežovacího kroužku	120	Dodavatelská vada
menší průměr vymežovacího kroužku	120	Dodavatelská vada
vymežovací kroužek není ve středu osy	160	Chyba operátora
větší výška vymežovacího kroužku	120	Dodavatelská vada
menší výška vymežovacího kroužku	120	Dodavatelská vada
neprůchozí otvor vymežovacího kroužku	160	Dodavatelská vada
Deckel není přišroubován	120	Chyba operátora
Deckel je nedošroubován	140	Chyba operátora
Deckel je přešroubován	140	Chyba operátora

9. NÁVRH POKA-YOKE U VZNIKLÝCH ZÁVAD

Úkolem operátora na CVS lince je sestavit funkční vysoký ventil. Denně se zde vyrábí velké množství těchto ventilů, které se skládají z několika drobných součástí a z mnoha pracovních úkonů. Vzniká zde velké riziko uvedených chyb, proto je vhodné aplikovat metodu POKA – YOKE do provozu.

9.1 PŘÍČINA VADY - DODAVATELSKÁ VADA

Jednu ze zásadních rolí u dodavatelské vady hraje nakupování. Jde o proces, kdy vstupem jsou požadavky na nakupování a výstupem jsou dodané materiály dle dané objednávky.

Dodavatelská vada se projeví často až poté, co k výrobní lince doputuje jiná, nebo vadná součást – chybějící nefunkční těsnění, poškozené těsnění (naříznuté), gumový kroužek je prasklý, plastová svorka je prasklá, větší průměr vymešovacího kroužku, menší průměr vymešovacího kroužku, větší výška vymešovacího kroužku, menší výška vymešovacího kroužku, neprůchozí otvor vymešovacího kroužku. Tyto vady lze vylepšit zdokonalením vstupní kontroly a případně zavést tzv. mezioperační kontrolu (Obr. 9.1.). Jakákoliv technická nekázeň se totiž projevuje ve zhoršené kvalitě a tím i snížené spolehlivosti konečného výrobku.

Vstupní kontrola

Vstupní kontrola [10] ověřuje, zda dodané materiály (typy šroubů, velikosti vymešovacích kroužků, velikosti o-kroužků...) nejsou v rozporu s technologickým předpisem výroby a že materiál dodaný danou firmou odpovídá stavu objednávky a vyhovuje příslušným normám.

Provádí se zde odpovídající zkoušky dle daných norem.

Ke vstupní kontrole patří:

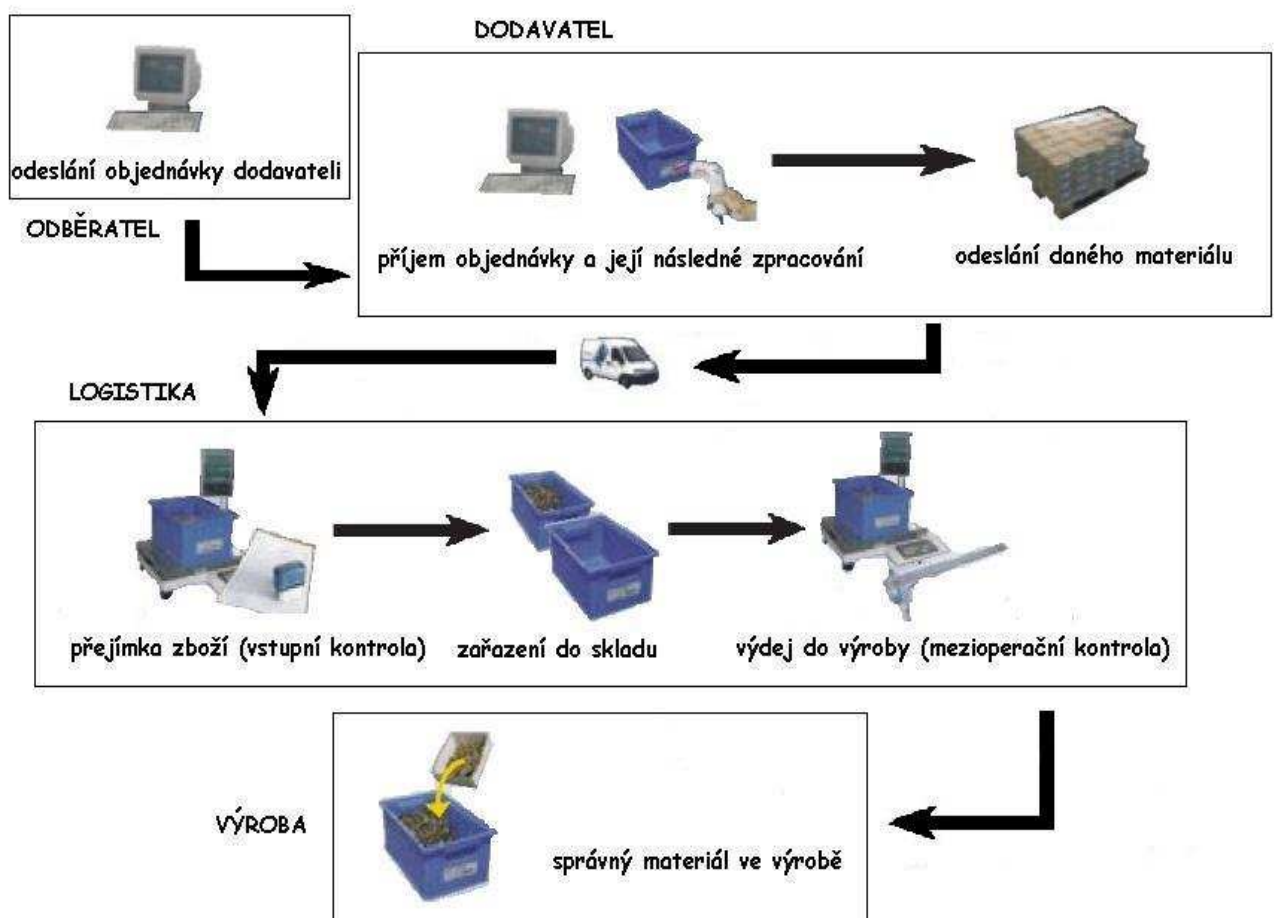
- vizuální
- rozměrové

- mechanické
- elektrické kontroly.

Zásadou vstupní kontroly je především v předcházení závad ještě před započítáním výroby. Čím dříve se závada při této kontrole odhalí, tím menší jsou náklady na opravu.

Mezioperační kontrola

Mezioperační kontrola [10] je důležitá pro spolehlivý výrobní proces. V této kontrole bychom mohli odhalit selhání vstupní kontroly. Zavedením do technologického procesu stanoviště, lze předejít možným výskytům vad při výrobě a snížit tak ohodnocení odhalení.



Obr. 9.1. Dodavatelská vada - schéma navrhl a nakreslil Jan Brňák, foto komponent použito z [9]

9.2 PŘEŠROUBOVÁNO, NEDOŠROUBOVÁNO, STRHLÝ ZÁVIT

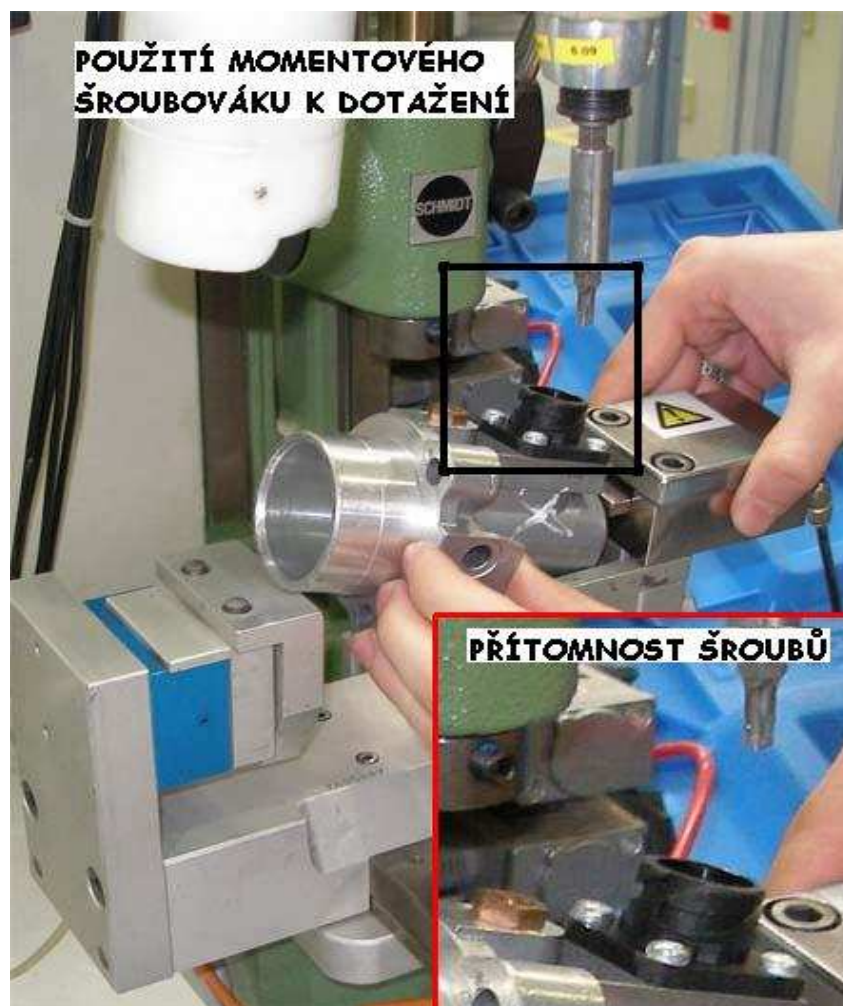
Zde se jedná zejména o tyto chyby: nedošroubovány, nebo přešroubovány šrouby pro uchycení zásuvky, boční měděný šroub nedošroubován, dekel na horní straně je nedošroubován, přešroubován, nebo není zašroubován vůbec. Toto patří k nejčastěji chybně provedeným operacím při montáži, které následně vedly k množství reklamací. Důsledek vady je potenciálně nefunkční ventil, nebo ohrožení jeho funkčnosti. To způsobuje velmi vysoké ohodnocení závažnosti (v našem případě 7-8). Jedná se především o zašroubování plastové zásuvky do těla (Obr. 9.2.). Pokud zde došlo k přešroubování tak vniklo velké riziko prasknutí zásuvky a strhnutí závitu.

Hlavní příčinou je, že daný operátor vlivem své nepozornosti zapomene utáhnout jeden ze šroubů, nebo provede opětovné utažení již utaženého šroubu. K dostatečnému utažení lze předejít použitím elektrického momentového šroubováku, který je ideální pro tento případ použití. Musíme zde dbát na správnost nastavení momentu. Dále můžeme využít zařízení pro zpracování pneumatického signálu, který je generován v pneumatickém nástroji během utahování a také po dosažení požadovaného momentu utažení je signál snímán.

Další příčinou nesprávného utažení může být samotný spoj. Důvody mohou být například dodání špatné velikosti šroubu (viz. 9.1. - Vstupní kontrola), špatně vyvrtaný, poškozený závit, nečistota ve spoji, nedostatečná kvalita šroubů. Toto může vést k materiálovým změnám (deformaci), a tím i změnám mechanických vlastností. Nástroj pro dotažení by tak dosáhl vypínací úrovně kroutícího momentu ještě předtím, než dojde k dosednutí spoje a vytvoření svěrné síly.

Způsob, jak zajistit takto vadné spoje [13], je monitorování úhlu otočení během procesu utahování. Poškozené závity, nečistoty ve spoji, příliš krátké šrouby nebo šrouby nedostatečné kvality způsobí to, že úhel utažení bude mimo toleranční pole. Pro takové utahování šroubových spojů lze využít montážní nástroj s funkcí pro snímání úhlů s předem definovaným tolerančním polem spoje. Jeho řídicí jednotka provádí výpočet momentu utažení pomocí algoritmu. Pokud by tento nástroj měl být používán pro životně důležité spoje, kde je požadován záznam výsledku utažení z kalibrovaného momentového snímače [14], lze potom využít utahovací přístroj vyšší

třídy – tedy takový, který výsledné hodnoty krouťícího momentu posílá do systému pro dlouhodobou archivaci a je zde potom možnost využití statistické kontroly procesu, aby bylo možno zjistit a odstranit odchylky ve výsledcích ještě před tím, než jsou překročeny mezní limity.



Obr. 9.2. Montáž šroubů

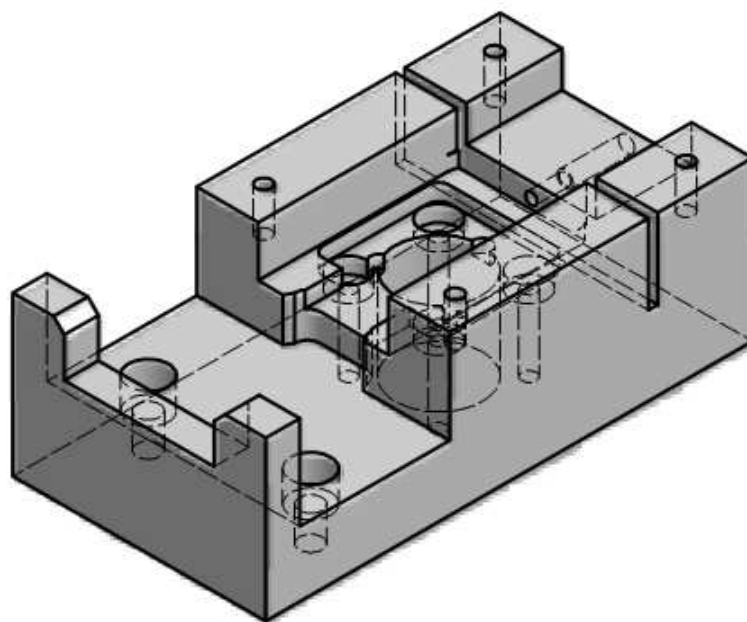
Příklad použití snímače krouťícího momentu

Snímače většinou pracují pro měření statického i dynamického krouťícího momentu při libovolném krouťícím momentu. Abychom mohli snímač použít, je nutné snímač zabudovat do vrtacích nebo šroubovacích zařízení. Princip funkčnosti je založen na síle vyvolané krouťícím momentem, ta je poté vyhodnocena prostřednictvím změn magnetického pole. Tato bezkontaktní technologie je na trhu

poměrně novinkou. Další typ který se na trhu vyskytuje je za pomoci snímání zabudovaným tenzometrickým můstkem, kde výstupní napětí můstku je přímo úměrné kroutícímu momentu působícímu na snímač. Kladné napětí zde signalizuje pravotočivý moment.

Snímání šroubů

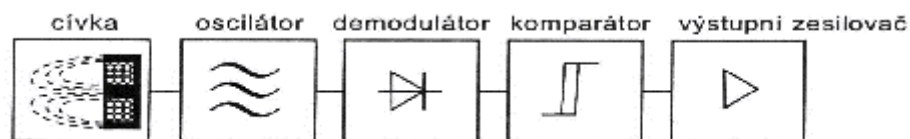
Pro snímání správně dotažené zásuvky všemi čtyřmi šrouby používáme přípravek pro jejich detekování (Obr. 9.3.), do kterého se vloží vhodný snímač pro měření vzdálenosti (kompletní návrh přípravku je doložen v příloze číslo 3). Nejdůležitějším krokem při výběru snímače zůstává volba správného funkčního principu u něhož jsou základní faktory: materiál snímaného předmětu, spínací vzdálenost, elektrické připojení a cena. Za přítomnosti těchto faktorů je možné využít indukční snímače, které jsou zde použity zejména kvůli tomu, že snímaný materiál je z kovu. Dále pak kvůli jednoduchému principu, miniaturnímu provedení a jednoduché instalaci (lze použít i v náročných podmínkách). Alternativou indukčních snímačů je použití kapacitních. Tento typ se využívá pro měření malých vzdáleností a je vhodný tam, kde je snímaný materiál papír, olej, plast, vodní roztoky, granulát, či prášek. Použití kapacitních snímačů je tedy z těchto důvodů zavrhnuto.



Obr. 9.3. snímání šroubů - přípravek

Základní princip činnosti indukčních snímačů

U indukčních senzorů [15] je aktivním prvkem cívka, ta je umístěna na jádru poloviny feritového hrníčku. Střídavý vysokofrekvenční proud, který je generován oscilátorem protéká cívkou a tím vytváří magnetické pole. Toto pole poté vystupuje z otevřené strany hrníčku -> aktivní plocha senzoru. Pokud se v blízkosti aktivní plochy nachází předmět z elektricky vodivého materiálu, dojde k deformaci magnetického pole a v předmětu se indukují vířivé proudy. Dochází ke změně magnetického pole vlivem vířivých proudů, tyto vířivé proudy působí zpět na cívku a tím se změní elektrická impedance. Jakmile dojde ke změně impedance tak dojde k vyhodnocení elektronikou senzoru. Poté musíme signál zesílit a převést na výstup (Obr. 9.3.1.).



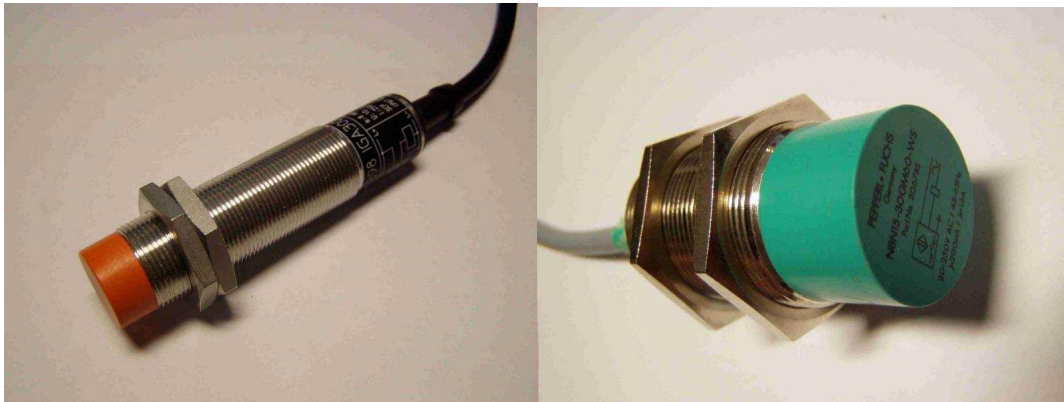
Obr. 9.3.1. Blokové schéma indukčního bezkontaktního snímače [15]

Druhy provedení [17]:

- válcové a kvádrové tvary
- zářezové senzory
- kruhové senzory
- senzory odolné vůči magnetickému poli
- senzory se zabudovaným vyhodnocením otáček
- selektivní senzory
- analogové senzory

Maximální spínací vzdálenost je přibližně 60mm. Hlavní příčinou tohoto omezení je již velký příkon a elektromagnetické rušení senzoru.

V našem případě budeme využívat vestavěné provedení senzoru (Obr. 9.4.) a to z příčiny, aby nevznikaly příliš velké ztráty a nepřesnosti při měření. Pro zdokonalení měření se ještě k senzoru přidává měděná vložka, která by měla odstínit senzor, avšak u větších typů (větší průměr) to není zcela dokonalé. Pro dokonalé měření je nutné nejprve senzor prakticky na lince odzkoušet a až poté ho zapojit do výroby.

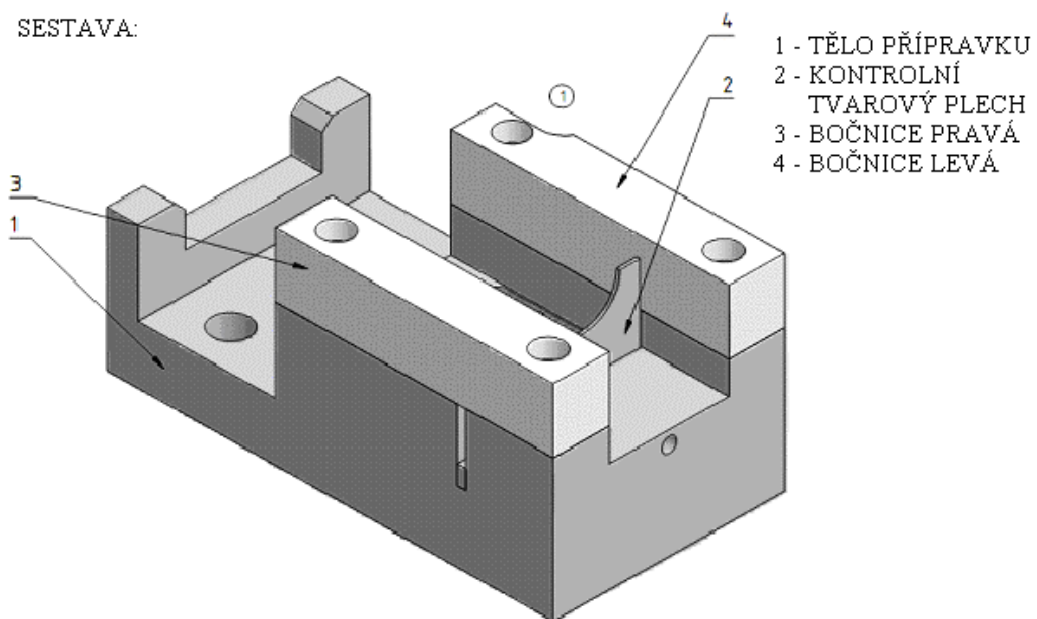


Obr. 9.4. Indukční snímače

Snímání a montáž deckelu

Pro správnou kontrolu montáže deckelu je použit stejný přípravek jako u kontroly šroubů plastové zásuvky. Využíváme zde zejména mechanický princip. Do přípravku se vloží již kompletní tělo, otestuje se přítomnost šroubů (viz. kapitola 9.2.) a souběžně musí zapadnout do sestavy namontovaný Deckel. Pro správnou rozteč mezi tělem a dečkem slouží kontrolní tvarový plech (viz obr. 9.5.). Pokud nedojde k přesnému západu do sestavy, tak je zřejmé, že při výrobě nastala chyba a to buď opomenutím nějaké součásti pod dečkem (gumová membrána, hliníková podložka), nebo špatnou montáží.

SESTAVA:



Obr. 9.5. Snímání deckelu

9.3 VYNECHÁNÍ (ZAPOMENUTÍ) SOUČÁSTKY PŘI MONTÁŽI

Tato chyba vzniká právě, když se operátor nevěnuje dostatečně své práci a zapomene ve výrobním procesu nějakou součást vložit do CVS ventilu. Tyto ventily obsahují velké množství drobných mechanických součástek, ať už to jsou šrouby, gumové kroužky, plastové svorky, o-kroužky či vymežovací šrouby, tak jejich absence může zapříčinit nesprávné fungování. Některé díly lze však velmi dobře odhalit při výstupním diagnostickém testu (Bayer test, VN test). Pokud chybí vnější mechanické součástky, může si jejich absence při výstupní kontrole operátor povšimnout. Někdy však součásti bývají ukryté uvnitř těla, a tak je jejich absence nezjistitelná. Proto je třeba navrhnout takové opatření, které by vzniku vady účinně zabránilo.

Pro odstranění této závady lze použít některou z těchto opatření:

9.3.1 „Předchystání“ součástí

Toto opatření se zakládá na tom, aby si každý operátor na lince „předchystal“ všechny součásti do předem určené misky. Tato miska by byla položená na váze s předem nastavenou hodnotou. Pokud by operátor nedodržel danou váhu, další části výroby by se zablokovaly. Tímto odpadne problém s jejich zapomenutím během montáže. Pracovník tedy nemusí jednotlivé součástky brát ze zásobních krabiček, ale vezme je z předem připravené misky. Pokud po hotové montáži v misce nějaká součástka zbude znamená to, že v CVS ventilu chybí.

Tento postup ale zabrání rychlosti ve výrobě, proto je lepší se uchýlit k dokonalejším opatřením, jako je využití optické závory, nebo laserových senzorů.

9.3.2 Využití jednocestné optické závory

Funkční princip je zde velice jednoduchý - světlo vyzářené vysílačem se po uběhnutí dostane k přijímači. Při přerušení dráhy objektem - v našem případě ruce operátora, které odebírají materiál ze zásobníků - se výstup senzoru aktivuje. Hlavní

podmínka, která se zde musí dodržet, je zaručená vzájemná stabilita přijímače a vysílače.

Spínací vzdálenost [15] je pro každý senzor (pár) specifická. Je to maximální funkční vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem. Efektivní paprsek je zde pracovní částí paprsku. Tato část musí být kompletně přerušena aby byl objekt spolehlivě detekován. U jednocestné závory je možno si efektivní paprsek obrazně představit jako tyč, která spojuje čočku vysílače s čočkou přijímače. Tato tyč bude kónická, když budou mít čočky různé průměry. Efektivní paprsek by neměl být zaměřován s vyzařovací charakteristikou vysílače nebo zorným polem přijímače. V některých případech se může stát to, že efektivní paprsek je příliš velký na to, aby se mohli detekovat malé části nebo kontrolovat nízké profily. V takovém případě se čočkám předřazují tzv. clony s otvory. Tyto clony se používají pro zredukování velikosti efektivního paprsku. Pokud clonu budeme přidávat operativně na pracovišti, musíme dbát na to, že vysílaný paprsek má tzv. provozní rezervu, z čehož vyplývá, že nekovovou clonou může snadno proniknout. Na clonu se tedy musí použít nekovový materiál. V současné době jsou však stále častěji používány pro detekci laserové senzory.

9.3.3 Využití laserových binárních senzorů

Technologie laserových diod [17] umožňuje vyrábět senzory, které se vyznačují velmi intenzivním světlem. Tyto senzory mají malý vyzařovací úhel a dlouhý rozsah. Dbát se zde musí zejména na zdravotní stránku – může dojít k poškození oka operátora, zejména pak oční sítnice, proto se v praxi používá maximálně třída 2 (EN 60 825). Tato třída je bezpečná a může se používat ve výrobních podnicích, kde s nimi přichází obsluha do kontaktu. Laserové senzory mají červenou barvu a jsou viditelné, což vede ke snadnému seřízení.

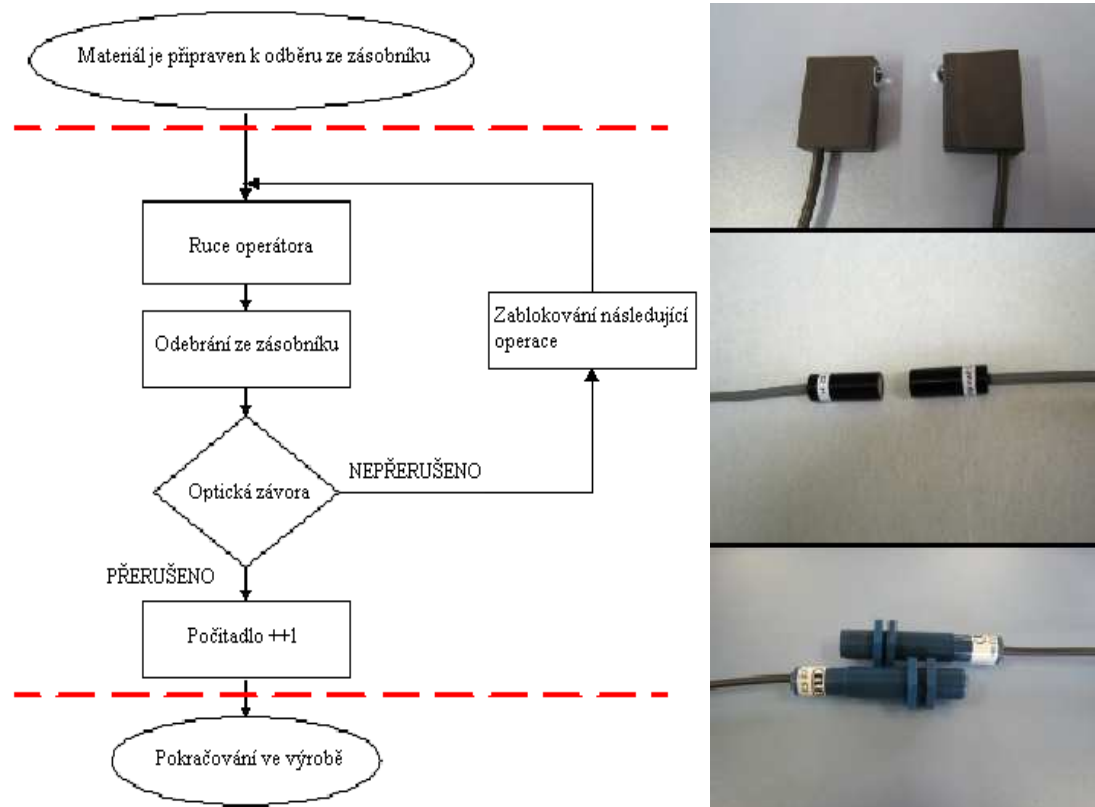
Mezi nejčastěji se vyskytující senzory patří konvergentní typ, který má průměrnou hodnotu ohniska 0,25mm a ohnisková vzdálenost je od 50 do 300mm.

Při využití jako jednocestná závora se kombinuje laserový vysílač s klasickým přijímačem, který pracuje na stejné vlnové délce světla. Zde je velmi nutné dodržet typ vysílače a přijímače, který musí být doporučen výrobcem, nelze je

libovolně kombinovat. V praxi nahrazují klasickou jednocestnou závoru, jsou přesnější a detekují i velmi malé předměty.

Nevýhodou laserových diod je, že se nedoporučují používat v prašném prostředí, kde dochází k rozptylu světla a tím poklesu světelného výkonu. Pokud jsou instalovány v uvedeném prostředí, tak jejich výsledky jsou horší než u klasické infračervené závory. V našem případě však tato skutečnost nehraje roli.

Celkovou nevýhodou při využívání optické závory je ten fakt, že operátor si může předem odebrat více součástí. Tento krok by danému člověku jistě ušetřil práci, avšak z konstrukčního hlediska je tento postup nekorektní. Proto je nutné daný snímač vybavit počítadlem, které by zpracovávalo počet vyslaných paprsků k přijímači. Pokud by nebyla dodržena nastavená hodnota, tak další kroky ve výrobě se zastavují. Operátor tedy musí vždy do daného zásobníku zasáhnout a přerušit tak vysílaný paprsek (Obr. 9.3.3.).



Obr. 9.3.3. Vývojový diagram funkce snímání a typy použitelných snímačů

9.3.4 Kamerové systémy

Kamerové systémy jsou v dnešní době stále více používané jako elektronické náhrady za manuální kontrolu výrobků. Hlavní důvod k jejich obrovské expanzi je zajištění téměř stoprocentní spolehlivosti při kontrole, tudíž vedou k finanční úspoře a větší produktivitě. S porovnáním s manuální kontrolou zavádějí kamerové systémy principy pro vyloučení vadných dílů, dále jsou ke každé kontrole nezávislé a na rozdíl od lidského činitele nejsou únavové.

Jednou z možností v oblasti kamerových systémů je požití inteligentní tzv. SMART kamery s integrovaným procesorem a vyhodnocováním, kde není nutné mít řídicí systém a upravovat výrobní linku, jsou kompaktní a nezávislé, automatizované a universální.

Kameru je možné u této výrobní linky využít k detekci a správnosti téměř u všech operací.

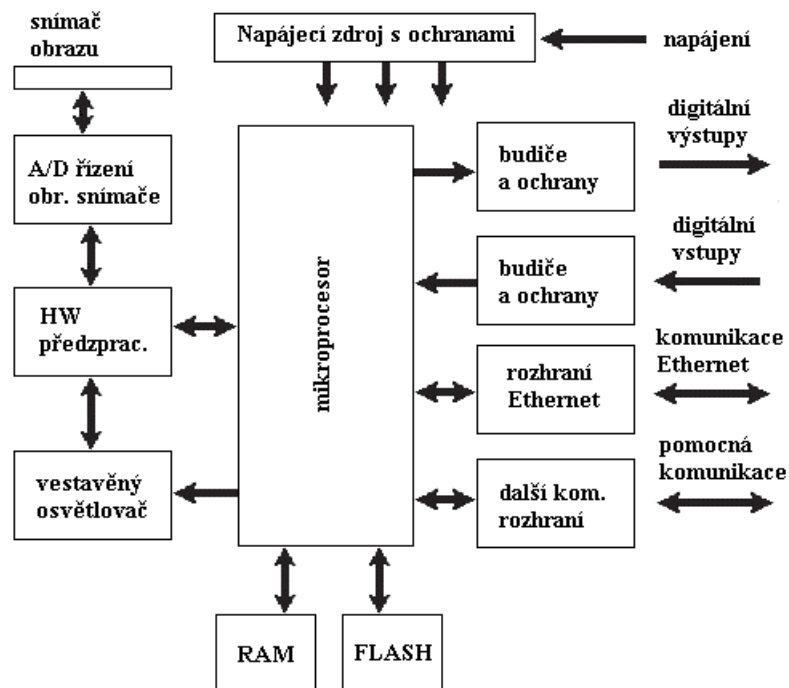
Počátky kamerových systémů

Začátkem 90. let minulého století vzniká v oboru počítačového vidění nový druh kamerových snímačů [11] pro elektronické zpracování obrazu. Do té doby bylo základem při používání kamer v průmyslu použití externího počítače, který sloužil pro zpracování obrazových dat. Toto schéma bylo později vzhledem k požadavkům v průmyslové praxi změněno a vznikly inteligentní snímače obrazu, tzv. inteligentní kamery a SMART kamery. Jsou to autonomní kompaktní jednotky, které na základě zpracování sejmutého obrazu předávají výsledek nedefinované úlohy svému okolí. U zrodu této kategorie systémů stála americká společnost DVT, kterou následovalo PPT Vision Inc. K velké většině snímačů je zdarma poskytováno potřebné programové vybavení, školení a technická podpora včetně dálkové diagnostiky.

Snímání

Ještě před nedávnou dobou byly nejvíce využívány snímače CCD [11] (Complementary Charge Device). Tento snímač poskytuje analogový signál, který musí být za pomoci A/D převodníku složitě digitalizován. Celý proces snímání bývá

řízen u jednodušších kamer přímo výpočetní jednotkou, u výkonnějších kamer je snímání a digitalizace řízena zvláštním mikropočítačem, nebo hardwarovou řídicí jednotkou, která je z výpočetní části pouze synchronizována (Obr.9.6.). V poslední době došlo ke značnému pokroku v technologii obrazových senzorů CMOS [18] (Complementary Metal Oxide Semiconductor), které jsou již schopny poskytnout obraz kvality srovnatelné se snímačem CCD. Technologie CMOS navíc umožňuje integrovat na snímací čip i převodník A/D a většinu řídicích obvodů. Obsluha snímače CMOS je podstatně jednodušší. Toto zjednodušení je při konstrukci SMART kamery velmi vítané, neboť dochází ke zjednodušování a zlevňování kamery. Dnes mají již všichni výrobci v dolní části produktové řady kamery s obrazovým snímačem CMOS.











Obr.9.6. Blokové schéma průmyslové kamery [18]

Praktická použitelnost kamer ve výrobě

V našem případě lze volit kamerové systémy (Obr.9.7.) téměř ke všem výrobním postupům. Prioritně by bylo vhodné navrhnout snímání správnosti osazení součástí, které se do těla montují, jako je boční měděný šroub, gumový kroužek a

plastová svorka. Dále pak pro kontrolu montování deckelu a jeho podsoučástí, jako je vymezovací kroužek a membrána. Jejich následná výměna by byla velmi náročná, téměř až vyloučena. Princip funkčnosti by spočíval v porovnávání snímaného objektu s naučeným vzorem. K porovnání nejčastěji dochází na základě podobnosti zjištěných obrysů, nebo na základě podobnosti jasového histogramu v zadané oblasti. Následné programové řešení je v tomto případě velmi jednoduché. Po implementaci kamery do výrobní linky sejmeme správný obraz a následně nastavíme hranice, ve kterých lze objekty ještě považovat za správné. Velkou výhodou je, že většina kamerových senzorů obsahuje digitální výstupy. Digitální vstupy jsou ve většině aplikací nutné pro synchronizaci a sejmnutí snímku v určité poloze.

IMPACT™	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T37	T38
								
rozlišení	640x480	640x480	640x480	640x480	1024x768	1024x768	1600x1200	1600x1200
typ čipu	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD
rozměr čipu	1/3 inch	1/3 inch	1/2 inch	1/3 inch	1/3 inch	1/3 inch	1/1.8 inch	1/1.8 inch
rychlost snímání	60	60	60	60	16	16	12	12
barva	-	-	-	ano	ano	-	-	ano
oddělená kamera	-	ano	-	-	-	-	-	-



Obr.9.7. Druhy průmyslových kamer [11]

10. OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI POKA-YOKE NA DANÝCH OPERACÍCH

Po zavedení POKA-YOKE do výroby lze účinně snížit míru rizika. Sestavíme si opět metodu FMEA, ale nyní se zavedenými operacemi, které mají chybám zabránit.

V následujících tabulkách (Tab. 10.1., Tab. 10.2. Tab. 10.3.) jsou uvedeny nové hodnoty míry rizik hlavních chyb, na které byl kladen od počátku největší důraz. Kompletní návrh je doložen v příloze číslo 2.

Krok 1 - Montáž komplet - Tab. 10.1.

Vada	míra rizika	Příčina vady	Opatření
Chybějící nefunkční těsnění	42	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
poškozené těsnění (naříznuté)	42	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
chybí šroub	48	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – sestava pro kontrolu šroubů a deckelu s indukčními snímači, předchystání součástí či využití optiky k počítání odebraného materiálu ze zásobníku
nedošroubováno	64	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – momentový šroubovák se snímačem úhlů, sestava pro kontrolu šroubů a deckelu s indukčními snímači
přešroubováno (utržený šroub)	48	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – momentový šroubovák se snímačem úhlů, sestava pro kontrolu šroubů a deckelu s indukčními snímači
strhlý závit	48	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – momentový šroubovák se snímačem úhlů
poškozená zásuvka vlivem šroubování	64	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – momentový šroubovák se snímačem úhlů, sestava pro kontrolu šroubů a deckelu

Krok 3 – gewindestueck - Tab. 10.2.

Vada	míra rizika	Příčina vady	Opatření
boční měděný šroub nedošroubován	48	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – momentový šroubovák se snímačem úhlů
boční měděný šroub nemá gumový kroužek	64	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – využití SMART kamery pro porovnání se správným osazením, předchystání součástí či využití optiky k počítání odebraného materiálu ze zásobníku
gumový kroužek je prasklý	64	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
boční měděný šroub nemá plastovou svorku	64	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – využití SMART kamery pro porovnání se správným osazením, předchystání součástí či využití optiky k počítání odebraného materiálu ze zásobníku
plastová svorka je prasklá	64	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
boční měděný šroub nemá pružinovou podložku	64	Dodavatelská vada/ Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – využití SMART kamery pro porovnání se správným osazením, předchystání součástí či využití optiky k počítání odebraného materiálu ze zásobníku

Krok 4 - Montáž dekel - Tab. 10.3.

Vada	míra rizika	Příčina vady	Opatření
vychýlená membrána z osy	42	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – sestava pro kontrolu šroubů a dekelu, využití SMART kamery
zapomenutí na vymezovací kroužek	64	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – sestava pro kontrolu šroubů a dekelu, předchystání součástí či využití optiky k počítání odebraného materiálu ze zásobníku
větší průměr vymezovacího kroužku	48	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
menší průměr vymezovacího kroužku	48	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
vymezovací kroužek není ve středu osy	64	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – sestava pro kontrolu šroubů a dekelu, využití SMART kamery
větší výška vymezovacího kroužku	48	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
menší výška vymezovacího kroužku	48	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
neprůchozí otvor vymezovacího kroužku	64	Dodavatelská vada	Vstupní kontrola + mezioperační kontrola
Deckel není přišroubován	48	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – sestava pro kontrolu šroubů a dekelu, předchystání součástí či využití optiky k počítání odebraného materiálu ze zásobníku
Deckel je nedošroubován	56	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – momentový šroubovák se snímačem úhlů, sestava pro kontrolu šroubů a dekelu,
Deckel je přešroubován	56	Chyba operátora	POKA-YOKE kontrola – momentový šroubovák se snímačem úhlů, sestava pro kontrolu šroubů a dekelu,

11. ZÁVĚR

V této bakalářské práci je kladen důraz na výrobní program podniku Norgren CZ, a to především na zavedení metody POKA-YOKE do výroby.

Hlavním cílem bylo navrhnoutí opatření, které by zabránilo chybám. Tyto chyby vznikají při výrobě CVS vysokého ventilu v jakémkoliv kroku výroby.

Určitá část práce se zaměřuje na teoretické vysvětlení a seznámení se s metodou POKA-YOKE a jejími alternativami.

Pro ohodnocení jednotlivých závad je využívána metoda FMEA, která by měla být zpracována ihned v počátcích návrhu systému, ale v uvedeném případě je aplikována již ve fázi, kdy je program výroby plně aktivní.

Po tomto vypracování vznikají zásadní a místy velmi naléhavé chyby (míra rizika nad 200), kterým bylo nutno věnovat větší část práce. Následně je nutné se zaměřit i na body s mírou rizika nad 100. K těmto chybám jsou navržena dostatečná POKA-YOKE opatření a zábrany, aby firma Norgren CZ zvýšila produktivitu práce u této výrobní linky.

Postup výroby byl několikrát prostudován spolu s operátorem linky a při sledování jeho práce byly analyzované jednotlivé chyby.

Zásadní problém spočíval v montáži zásuvky do těla. Jednalo se zde o zašroubování šroubů, které operátor velmi často nedošrouboval, nebo naopak je přešrouboval, a to vedlo až k prasknutí zásuvky. Tento krok výroby je kritický na dané lince. Navrhnutá opatření tedy spočívají v používání dostatečných momentových šroubováků či klíčů, a pro úplnou kontrolu lze ještě využít snímač, který by monitoroval úhel natočení. Dále je navržena souprava pro snímání šroubů, která je osazena indukčními snímači. Použitá souprava zahrnuje i testy správně namontovaného deckelu.

Následná vylepšení se zabývají chybami, jako je dodavatelská vada a její následné kontroly před dodáním součásti do výroby, dále pak vynecháním součásti při montáži, což mělo za následek nefunkčnost ventilu. Zde jsou navržena opatření od téměř nulových počátečních nákladů jako je „předchystání“ součástí, přes snímání za pomoci optické závory, až po vylepšení linky kamerovými snímači, které pro

svoji téměř 100% spolehlivost jsou schopné zabránit opravdu velkému množství chyb.

Jako další část práce bych navrhoval vylepšení příslušných testů pro výstupní kontrolu. Tyto testy zahrnují Vysokonapětový test, Bayer test, což je testování odporu, funkčnosti a úniku a test průchodnosti. Zejména u Bayer testu vznikla míra rizika nad 240, což je velmi závažné.

Po zavedení veškerých navržených opatření, bychom měli na lince zaznamenat vyšší jakost a spolehlivost ve výrobě. Což je také dokázáno v aktualizované verzi FMEA. U všech bodů je úspěšně dosaženo snížení míry rizika.

V příloze je přiložena metoda FMEA a konstrukční návrh soupravy pro testování šroubů.

Veškerá navržená řešení jsou schválena firmou Norgren CZ, ale prozatím nejsou na lince aplikována.

12. POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] HIRANO, H., KOGYO SHIMBUN, N. Poka-Yoke - Improving product quality by preventing defects. NKS/Factory Magazine, 1989. 304 s. ISBN 0-915299-31-3.
- [2] SHINGO, S., DILLON, A. P. Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System, Productivity Press, 1986. 336 s. ISBN 0-915299-07-0.
- [3] LANGE, K. A., LEGGET, S. C., BAKER, B. Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA). 3. vyd. Česká společnost pro jakost, 2001. 72 s. ISBN 80-02-01476-6.
- [4] AUTOMA. KOTEK, L., VOHRALÍKOVÁ, M. Jak zvyšovat spolehlivost lidské obsluhy. FCC Public s. r. o. Praha, 05/2008. ISSN 1210-9592. [on-line]. [cit. 2008-11-20] Dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37315
- [5] P.Q.M., ČESKO-ŠVÝCARSKÁ SPOL. S.R.O.. BLECHARZ, P. Design of Experiments. [on-line]. [cit. 2008-12-11]
Dostupné z: <http://www.pqm.cz/doe.htm>
- [6] P.Q.M., ČESKO-ŠVÝCARSKÁ SPOL. S.R.O.. BLECHARZ, P. Failure Mode and Effect Analysis. [on-line]. [cit. 2008-12-11]
Dostupné z: <http://www.pqm.cz/fmea.htm>
- [7] IKVALITA. LÉVAY, R. Fault Tree Analysis 2005 [on-line]. [cit. 2008-12-11]
Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=52>
- [8] NORGREN. ŠTOHL, P. P-WIN-V-00207[1] CVS - Montáž ventilů
- [9] NORGREN. ŠTOHL, P., KUBERNÁT, O., SEDLÁK, L. Modernizing of CVS assembly line_ENG
- [10] ŘÍDKÝ, V. Implementace moderních metod řízení jakosti ve výrobě elektromotorů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 65 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Koška, Ph.D.

- [11] Palatka, Petr. Komerové systémy v průmyslové automatizaci[online].
Publokováno červenec-srpen 2005. Dostupné z:
<http://www.automatizace.cz/article.php?a=771>
- [12] BÁBEK, T. Diagnostika spolehlivosti technických zařízení . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marie Havlíková, Ph.D.
- [13] KALOUDA, Petr. Návrh zavedení štíhlé výroby v průmyslovém podniku: Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 63 s., 1 příloha. Vedoucí práce: prof. Ing. Marie Jurová, CSc.
- [14] PLURA, Jiří: Plánování a neustálé zlepšování jakosti.
Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, a.s. Brno 2001. ISBN 807-22-654-31.
- [15] MARTÍNEK, Radislav: Senzory v průmyslové praxi.
Vydavatelství a nakladatelství BEN – technická literatura, Praha 2004, 1. vydání
- [16] Norgren CZ, Vystaveno 2008. Dostupné z: <http://www.norgren.cz/>
- [17] KREIDL, ŠMÍD: Technická diagnostika
Vydavatelství a nakladatelství BEN – technická literatura, Praha 2006, 1. vydání
- [18] Havle, Otto. Smart kamery pro strojové vidění [online]. Publokováno leden 2007. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=1588>

13. SEZNAM OBRÁZKŮ:

- Obr. 2.1. Firma Norgren CZ [16]
- Obr. 6.1. Kompletní CVS ventil
- Obr. 6.2. CV ventil
- Obr. 6.3. Tělo CVS
- Obr. 6.4. Šrouby na zásuvce
- Obr. 6.5. Pohled na gewindestueck
- Obr. 6.6. Zašroubování gewindestuecku
- Obr. 6.7. Zašroubování násady
- Obr. 6.8. Pohled na deckel a jeho umístění
- Obr. 6.9. Hotový výrobek CVS
- Obr. 6.10. Vývojový diagram postupu výroby
- Obr. 9.1. Dodavatelská vada
- Obr. 9.2. Montáž šroubů
- Obr. 9.3. snímání šroubů – přípravek
- Obr. 9.3.1. Blokové schéma indukčního bezkontaktního snímače [15]
- Obr. 9.3.3. Vývojový diag. funkce snímání a typy použit. snímačů
- Obr. 9.4. Indukční snímače
- Obr. 9.5. Snímání deckelu
- Obr. 9.6. Blokové schéma průmyslové kamery [18]
- Obr. 9.7. Druhy průmyslových kamer [11]

14. SEZNAM TABULEK:

Tab. 5.3.3	Kritéria hodnocení závažnosti FMEA procesu [3]
Tab. 5.3.4.	Kritéria hodnocení výskytu FMEA procesu [3]
Tab. 5.3.5.	Kritéria hodnocení odhalitelnosti FMEA procesu [3]
Tab. 8.1.	Montáž komplet - chyby
Tab. 8.2.	Montáž gewindestuecku - chyby
Tab. 8.3.	Montáž deckel - chyby
Tab. 10.1.	Krok 1 - Montáž komplet
Tab. 10.2.	Krok 2 – gewindestueck
Tab. 10.3.	Krok 3 - Montáž deckel

15. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: FMEA před návrhem POKA-YOKE – CVS vysokého ventilu
Příloha 2: FMEA po návrhu POKA-YOKE – CVS vysokého ventilu
Příloha 3: Konstrukční výkres návrhu přípravku pro testování