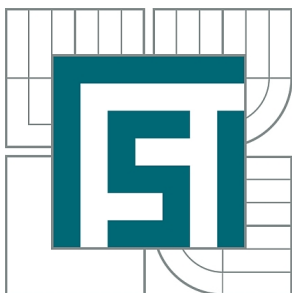


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

IDENTIFIKACE A ELIMINACE CHYB PŘI VÝROBĚ LOŽISEK

IDENTIFICATION AND ELIMINATION OF ERRORS IN THE PRODUCTION OF BEARINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETER MARTINOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUBOŠ KOTEK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Peter Martinovský

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Identifikace a eliminace chyb při výrobě ložisek

v anglickém jazyce:

Identification and elimination of errors in the production of bearings

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výrobní vada na ložisku může znamenat velké náklady na údržbu zařízení u zákazníka. Při výrobě ložisek je proto kladen velký důraz na kvalitu výroby. Jedním ze způsobů zvyšování kvality výroby ložisek je identifikace příčin vzniku chyb ve výrobě a jejich eliminace.

Diplomová práce je zaměřena na identifikaci možných chyb při výrobě, stanovení nejvýznamnějších příčin a návrh opatření pro jejich eliminaci.

Cíle diplomové práce:

1. Rešerše problematiky identifikace chyb ve výrobě ložisek
2. Popis a analýza stávajícího stavu výroby
3. Popis výrobních a měřicích bodů ve výrobě ložisek
4. Identifikace příčin chyb vybranou metodou
5. Hodnocení a selekce nejvýznamnějších příčin chyb
6. Návrh opatření pro eliminaci chyb

Seznam odborné literatury:

1. Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA). 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2001, 72 s. ISBN 80-020-1476-6.
2. HOO, J. Effect of steel manufacturing processes on the quality of bearing steels. Philadelphia, PA: ASTM, 1988, 409 p. ASTM special technical publication, 987. ISBN 08-031-0999-7.
3. JURAN, J. M. – GODFREY, A. B. Juran's Quality Handbook. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1999.
4. NENADÁL, J. Moderní systémy řízení jakosti. 1. vyd. Praha: Management Press, 1998.
5. ŠUŠOLÍK, Oto. Valivé ložiská. 1. vyd. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1964, 278 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 13.11.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

MARTINOVSKÝ Peter: Identifikácia a hodnotenie chýb pri výrobe ložísk

Diplomová práca vypracovaná v rámci inžinierskeho štúdia predkladá spôsoby identifikácie a eliminácie chýb v procese výroby spojového ložiska pomocou metódy FMEA a Poka -Yoke. S príspevím týchto metód je identifikovaných a eliminovaných päť najzávažnejších chýb, ktorých hodnota RPN prekročila zákazníkovo požadovanú hranicu.

Kľúčové slová: FMEA, Poka-Yoke, spojové ložiská

ABSTRACT

MARTINOVSKÝ Peter: Identification and elimination of errors in the productions of bearings

Diploma thesis elaborated in frame of engineering studies branch by means of identifying and eliminating errors in the production process of the clutch bearings using FMEA and Poka – Yoke. With the contribution of these methods are identified and eliminated the five most serious errors, which value of RPN exceeded a limits demanded by customers.

Keywords: FMEA, Poka-Yoke, clutch bearings

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

MARTINOVSKÝ Peter: *Identifikace a eliminace chyb při výrobě ložisek*. Brno, 2013. 79 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor strojírenské technologie průmyslového managementu. Vedoucí práce Ing. Luboš Kotecký, Ph.D., Dostupný z WWW: <ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace>.

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Týmto vyhlasujem, že predkladanú diplomovú prácu som vypracoval samostatne, s využitím uvedenej literatúry a podkladov, na základe konzultácií a pod vedením vedúceho diplomovej práce.

V Brne dňa 25.05.2014

.....

Podpis

POĎAKOVANIE

Týmto ďakujem pánom zo spoločnosti INA Skalica Ing. Danielovi Bojnanskému, Bc. Jánovi Jankovičovi, Radoslavovi Petrovičovi a vedúcemu práce Ing. Lubošovi Koteckovi, Ph.D. za cenné pripomienky a rady týkajúce sa spracovania diplomovej práce.

OBSAH

	Str.
ÚVOD	9
1 INFORMÁCIE O SPOLOČNOSTI INA SKALICA.....	11
1.1. História s účasťou	11
2 LITERÁRNA ŠTÚDIA PRE IDENTIFIKÁCIU CHÝB PRI VÝROBE LOŽÍSK	14
2.1. FMEA.....	14
2.1.1 Druhy FMEA.....	15
2.2. FMECA.....	26
2.3. Poka -Yoke.....	26
2.4. SWOT.....	28
2.5. Metóda 5 Steps.....	29
2.6. Metóda 7S.....	29
2.7. Metóda HAZOP.....	29
3 POPIS A ANALÝZA STÁVAJÚCEHO STAVU VÝROBY.....	31
4 POPIS VÝROBNÝCH MERACÍCH BODOV VO VÝROBE LOŽÍSK.....	37
5 IDENTIFIKÁCIA PRÍČIN CHÝB VYBRANOU METÓDOU..	47
6 HODNOTENIE A SELEKCIA NAJVÝZNAMNEJŠÍCH PRÍČIN CHÝB.....	49
7 NÁVRH OPATRENÍ NA ELIMINÁCIU CHÝB	51
ZÁVER.....	61
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV.....	63
ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV A TABULIEK.....	65
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV.....	68
ZOZNAM PRÍLOH.....	70

ÚVOD

Dnešná doba núti firmy, a to nielen v strojárskom priemysle, riešiť jeden z najdôležitejších a súčasne aj najzávažnejších problémov výroby, jej akosť. Firmy, ktoré chcú byť na trhu práce úspešnými a ustáť neustály boj s konkurenciou, musia permanentne zlepšovať manažment kvality pre uspokojovanie požiadaviek trhu. Manažment kvality disponuje preto rôznymi metódami, ako sú napríklad metóda 5S, metóda Poka –Yoke, metóda HAZOP, metódy FMECA, FMEA, a mnohé ďalšie. Tieto metódy sa zaoberajú problematikou skúmania, prioritizácie, minimalizácie a hodnotenia vzniknutých porúch výrobkov, ich príčin a následných dôsledkov, ale aj procesmi, ktoré výrobu nutne sprevádzajú. Vďaka zisteniam z týchto metód sme schopní produkovať menšie počty nepodarkov, šetriť nástroje, skvalitňovať a urýchľovať proces výroby, šetriť prostriedky, a tým znižovať náklady na výrobu a procesy s ňou súvisiace. Tieto všetky veci sa premietnu do ceny hotového produktu, a keď sa nám darí znižovať cenu a zvyšovať kvalitu produktu, stávame sa pre zákazníkov mimoriadne zaujímavými.

V diplomovej práci sa zaoberám v najväčšej miere najpoužívanějšími s pomedzi týchto aplikovaných metód zisťovania rizík porúch, ktorá sa používa pre minimalizáciu dopadov v rannom štádiu vývoja a návrhu pre ekonomickú výhodnosť a to síce „Analýza možných spôsobov a dôsledkov chýb“ FMEA z anglického názvu (Failure Mode and Effects Analysis). Jedným z dôvodov prečo som si vybral práve túto metódu je, že každý potenciálny zákazník požaduje pred rozhodnutím o zrealizovaní zákazky práve FMEA analýzu, ktorá mu ukáže, nakoľko má naša firma ošetrované procesy a ukáže aj jej schopnosť dodať zákazníkovi kvalitný produkt.

Možnosť vypracovať túto diplomovú prácu mi poskytla spoločnosť Schaeffler group (Obr. 1), ktorá pod značkami INA, LuK a FAG vyvíja a vyrába presné výrobky pre všetko, čo sa pohybuje v strojoch, zariadeniach, vozidlách, lietadlách a kozmickej technike. Práca je uskutočnená konkrétne v jednom z jej závodov INA so sídlom v Skalici v technologickom parku. Diplomová práca sa zaoberá identifikovaním a eliminovaním najzávažnejších chýb na vypínacích spojkových ložiskách, ktorých sa vyrába 16 typov pozostávajúcich z ôsmich komponentov pospájaných do celku pri výrobnom procese na linke číslo 6, ktorá je súčasťou segmentu N firmy Schaeffler group.



Obr. 1 Logo spoločnosti Schaeffler group [17]

Cieľmi tejto práce sú:

- Literárna štúdia problematiky identifikácie chýb vo výrobe ložísk,
- popis a analýza aktuálneho stavu výroby,
- popis výrobných a meracích bodov pri výrobe ložísk,
- identifikácia príčin chýb vybranou metódou,
- hodnotenie a oddelenie najvýznamnejších príčin chýb,
- návrh opatrení pre elimináciu chýb.

1 INFORMÁCIE O SPOLOČNOSTI INA SKALICA

1.1 História a súčasnosť

Spoločnosť INA Skalica so 100% majetkovou účasťou vznikla v roku 1994. Do tohto okamihu bola spojená s firmou ZVL Skalica. V roku 2006 sa zmenil názov spoločnosti na Schaeffler Slovensko, v roku 2007 sa udiala integrácia organizačnej zložky FAG ISS do Schaeffler Slovensko a vytvorilo sa tak spoločné zastúpenie INA, LuK a FAG. Samotná značka INA vznikla už v roku 1946 a jej zakladateľom bol Georg Schaeffler, ktorý sa zaoberal výrobou ihličkových ložísk s klietkou. V roku 1952 boli v prevodovke VW Beatle nahradené dovtedy používané klzké ložiská valivými ihlovými ložiskami. V dnešnej dobe jazdí takmer každý automobil s INA komponentmi v motoroch a prevodovkách [17].

Spoločnosť Schaeffler je globálne pôsobiaca skupina podnikov a zároveň popredný svetový výrobca ložísk a renomovaný dodávateľ pre automobilový priemysel. Spoločnosť dosiahla v roku 2012 obrat okolo 11,1 miliárd euro. So svojimi viac ako 76.000 pracovníkmi na celom svete je Schaeffler group jeden z najväčších nemeckých a európskych priemyselných podnikov v rodinnom vlastníctve. Schaeffler má na celom svete v 50 krajinách 180 pracovísk s výrobnými podnikmi, výskumnými a vývojovými centrami, obchodnými zastúpeniami, inžinierskymi kancelármi a školiacimi strediskami. Spoločnosť Schaeffler rozdeľuje svoju výrobu do dvoch divízií, a to síce divízia automobily a divízia priemysel. Divízia automobily ponúka široké portfólio produktov od energeticky úsporných riešení pre klasický pohon so spaľovacím motorom, cez produkty pre hybridné vozidlá až po čisté elektromobily. Presné produkty INA, LuK a FAG zabezpečujú nižšiu spotrebu energie a vyprodukujú menej škodlivých látok. Schaeffler je uznávaným vývojovým partnerom so systémovými znalosťami pre motor, prevodovku, podvozok a pomocné agregáty v osobných a úžitkových vozidlách. Divízia pre priemysel dodáva valivé a klzné riešenia, lineárnu techniku a priame pohony značiek INA a FAG pre 60 rôznych oblastí priemyslu. Portfólio obsahuje vyše 225.000 produktov od milimetrových miniatúrnych ložísk pre zubné vrtáčky, až po veľkorozmerné ložiská s priemerom niekoľko metrov pre veterné elektrárne. Na Slovensku spoločnosť Schaeffler group postavila dva výrobné závody, a to INA Skalica (Obr. 2) a INA Kysuce. Konkrétne podnik INA Skalica má aktuálne 4 444 zamestnancov z čoho je zrejmé, že sa jedná o veľký strojársky podnik [17].



Obr. 2 Výrobný závod INA Skalica [17]

Spoločnosť INA Skalica má 14 segmentov označených písmenami v abecede, pričom osem patrí do oblasti industriálnej výroby (A,B,C,D,H,J,O,P) a šesť do oblasti automotive (E,G,I,M,N,R). Každý zo segmentov má vlastnú produktovú líniu. Napríklad segment A sa zaoberá výrobou radiálnych ihlových kliebok, lineárnych kliebok a axiálnych kliebok. Segment N sa zaoberá výrobou vypínacích spojkových ložísk (Obr. 3), ktorých hlavnými odberateľmi sú automobilky Ford, BMW, Fiat a Honda [15].



Obr. 3 Vypínacie spojkové ložisko [18]

V spoločnosti INA Skalica sa používajú najmodernejšie výrobné technológie. V oblasti technológie tvárnenia za studena, kovania, trieskového obrábania, tepelného spracovania, technológie nanášania vrstiev a montáže patrí spoločnosť Schaeffler Grupe so svojimi značkami INA a FAG k popredným podnikom vo svojom odbore [17].

Z hľadiska kvality kladie firma INA Skalica dôraz na to, aby sa utvárala od počiatočnej fázy vývoja produktu. Cieľom spoločnosti je vyrábať produkty na vysokej kvalitatívnej úrovni. Z dlhodobého hľadiska je možné povedať, že tento záväzok sa spoločnosti darí dodržiavať. Práca v podniku je zameraná na trvalé zlepšovanie s cieľom „nulového počtu chýb“. K dosiahnutiu takýchto cieľov slúžia rôzne projekty, ako napríklad projekt MOVE v INA Skalica, ktorý spadá do širšieho programu „Fit for Quality“ v rámci skupiny Schaeffler. Tento program má v spoločnosti Schaeffler základné pravidlá a nástroje vo forme ôsmich „axiómov“, čo je z gréčtiny prebratý názov pre tvrdenie, ktoré sa pokladá za platné a nedokazuje sa. Týmito axiómami sú [16]:

1. Kvalita sa týka každého
2. SWOT analýza na každom pracovisku
3. Skoro reklamácia
4. Krížový audit / Riadené audity
5. Permanentné školenia / Vysoká kvalifikácia
6. Trvalá projektová práca (FMEA, FMECA)
7. Stopercentné zaistenie procesov
8. Vizualizácia riešení / Vzorové príklady

MOVE presadzuje a optimalizuje princípy štíhlej výroby v celom reťazci od dodávateľov, cez výrobu až po zákazníka, vrátane podporných útvarov. (Obr. 4).



Obr. 4 Systém MOVE v skupine Schaeffler [16]

Spoločnosť INA Skalica je jedným z dôležitých dodávateľov pre automobilové spoločnosti ako sú VW, Hyundai, Škoda, Seat, Opel, Volvo, BMW, Mazda či Fiat, ale aj pre veľké nadnárodné strojárenské podniky ako napríklad Bosch, Getrag, Daimler a Stihl.

2 LITERÁRNA ŠTÚDIA PROBLEMATIKY PRE IDENTIFIKÁCIU CHÝB PRI VÝROBE LOŽÍSK

V dnešnej dobe disponuje manažment kvality vo firmách zaoberajúcich sa všetkými odvetvami výroby množstvom metód, slúžiacich k identifikácii samotných chýb či rizík vzniku chýb, ale najmä snahe o ich predchádzanie. Výnimkou nie je ani strojársky priemysel zaoberajúci sa výrobou ložísk. Táto diplomová práca vznikla v spolupráci so spoločnosťou Schaeffler group, preto sa budem v rámci literárnej štúdie zaoberať najmä metódami, ktoré sú najčastejšie využívané práve v internom procese tejto spoločnosti. Jedná sa teda o metódy FMEA, FMECA, 7S, 5 Steps, Poka-Yoke, HAZOP a SWOT analýza. Tieto metódy sa nezaobierajú len samotnou výrobou, ale aj procesmi, ktoré ju sprevádzajú, čo je takisto veľmi dôležité, pretože k chybe na výslednom produkte nemusí prísť len vplyvom samotného procesu výroby, ale aj okolitými faktormi, ktoré výrobu nutne sprevádzajú.

2.1. FMEA

FMEA historicky

Metóda FMEA vznikla v roku 1949 ako vojenský prepis pre postup hodnotenia spoľahlivosti MIL – P – 1629 v Spojených Štátoch Amerických. Poruchy boli klasifikované podľa vplyvu na výsledok, bezpečnosť zariadení a osoby. V roku 1963 vyvinula NASA „Failure Mode and Effects Analysis“ pre projekt Apollo a v priebehu roka 1965 začala túto techniku používať aj letecká technika. V priebehu sedemdesiatych rokov sa táto metóda objavila aj v jadrovom odvetví [1].

Najväčší podiel na rozšírení tejto metódy má automobilový priemysel. Ako prvá ju začala používať spoločnosť FORD.

V roku 1996 bola v Nemecku zapísaná do zväzku VDA 4 diel druhý, ako zaistenie kvality pred sériovou výrobou s podtitulom FMEA. Týmto bol daný jednotný a uznávaný postup FMEA. V priebehu ďalších rokov sa metóda rozširovala a rozvíjala nielen v technických oblastiach, ale aj v sprostredkovacej technike či lekárenstve [12], [1].

FMEA aktuálne

Aktuálne je metóda FMEA schopná odhaliť až 90% možných rizík, pričom dôležitým aspektom jej úspechu je jej včasné použitie. Čím viac sa bude analýza odkladať, tým sa dajú očakávať vyššie náklady a časové straty pri prípadných zmenách [12], [1].

Veľkou výhodou tejto metódy je aplikácia v tíme, pretože je možné využívať vedomosti a skúsenosti viacerých odborníkov ako napríklad konštruktérov, technologov, pracovníkov návrhov, kvalítarov a mnohých ďalších. K zápisu zistení tejto metódy slúžia pracovné listy a tabuľkové formuláre [1].

2.1.1 Druhy FMEA

Analýza možných spôsobov a dôsledkov chýb má tri základné druhy a to [10]:

➤ **FMEA NÁVRHU, KONŠTRUKCIE**

FMEA návrhu, konštrukcie je analytickou metódou používanou predovšetkým tímom zodpovedným za návrh k zaisteniu toho, aby boli v možnom rozsahu zhodnotené a premyslené rôzne spôsoby chýb a s nimi súvisiace mechanizmy. Vyhodnocujú sa koncové prvky spolu s každým súvisiacim systémom, podzostavou, komponentou a ich charakteristikami [2].

FMEA návrhu sa robí v piatich základných krokoch:

- Analýza štruktúry,
- analýza funkcií,
- analýza porúch,
- analýza opatrení,
- optimalizácia.

FMEA návrhu, konštrukcie sa zaoberá analýzou návrhu konštrukcie výrobku. Jej zameranie je na konkrétny výrobok a aplikuje sa vo fáze jeho vývoja. Konštrukčná FMEA skúma všetky možnosti zlyhania výrobku, bez ohľadu na pravdepodobnosť ich výskytu a pravdepodobnosť ich odhalenia. Účinnosť tejto metódy je najväčšia pri nových výrobkoch, prípadne nových materiáloch, pri zmenách požiadaviek alebo pri dodatočných požiadavkách, ako aj pri zvláštnych funkčných a bezpečnostných rizikách a pri pretrvávajúcich výrobných problémoch. Pri vypracovaní osoba zodpovedná za návrh vychádza z celého radu dokumentov. FMEA návrhu má začať blokovou schémou analyzovaného systému, pričom schéma zobrazuje primárne vzťahy medzi analyzovanými prvkami a zavádza do analýzy logické poradie. V návrhu by mali byť zahrnuté požiadavky zákazníka, požiadavky na vyrábaný produkt alebo výrobu, prípadne montáž či servis, požiadavky na recyklovanie atď.. Čím širšie je spektrum presných požiadaviek, tým sa ľahšie identifikujú možné spôsoby chýb pre preventívne opatrenia a opatrenia k náprave [1], [2], [11].

Medzi hlavné prínosy metódy FMEA návrhu patria najmä [13]:

- Plnenie termínov,
- skracovanie doby vývoja,
- ekonomickosť výroby a montáže,
- zvýšenie spokojnosti zákazníka,
- zaistenie prevencie nízkej akosti produktov,
- zvýšenie konkurencie schopnosti organizácie,
- vytváranie dokumentácie o produkte a procese, ktorú je možné využiť pre podobné účely,
- cielená komunikácia medzi internými a externými zákazníkmi a dodávateľmi.

Všetky tieto prínosy však stoja za veľkou zložitosťou postupov, ako napríklad matice rizík, myšlienkové mapy, brainstormingy, časovou náročnosťou a veľkým množstvom dokumentácie, kde sa spracúvajú informácie o konštrukcii, technológii, výrobných postupoch a mnohých ďalších.

➤ **FMEA PROCESU**

FMEA procesu je analytickou metódou používanou tímom predovšetkým k tomu, aby sa čo najviac presvedčil, že boli vzťahy riešené v úvahu s ďalším procesom a riešené všetky možné druhy chýb a s nimi spojené príčiny. Skladá teda do kompletu poznatky tímu alebo zodpovedného technika o priebehu vývoja procesu.

FMEA procesu [2]:

- Identifikuje funkcie a požiadavky daného procesu,
- identifikuje možné spôsoby porúch, ktoré sa vzťahujú k výrobku a procesu,
- hodnotí pôsobenie možných porúch na zákazníka,
- identifikuje možné príčiny v procese výroby alebo montáže a identifikuje parametre procesu, na ktoré je nutné pre obmedzenie alebo odhalenie podmienok vzniku chýb zamerať úlohy riadenia,
- zostavuje zoznam možných spôsobov porúch zoradených podľa, ich poradia a tak zavádza systém priorít pre úvahy o prevencii a opatrenia k náprave.

Zákazník z hľadiska FMEA procesu:

Pod pojmom zákazník nemusí byť myslený len konečný užívateľ, ale aj nadväzujúca alebo neskôr idúca operácia výroby alebo montáže, servisná operácia alebo operácia nariadená správnym predpisom [2].

Postup metódy FMEA procesu:

Predtým, ako sa začne so samotným vypracovaním analýzy, je potrebné, aby boli presne definované podmienky a boli k dispozícii všetky podklady a informácie, z ktorých sa správna analýza FMEA skladá. Postup FMEA je možné všeobecne rozdeliť do štyroch základných krokov, ktorými sú [4], [11]:

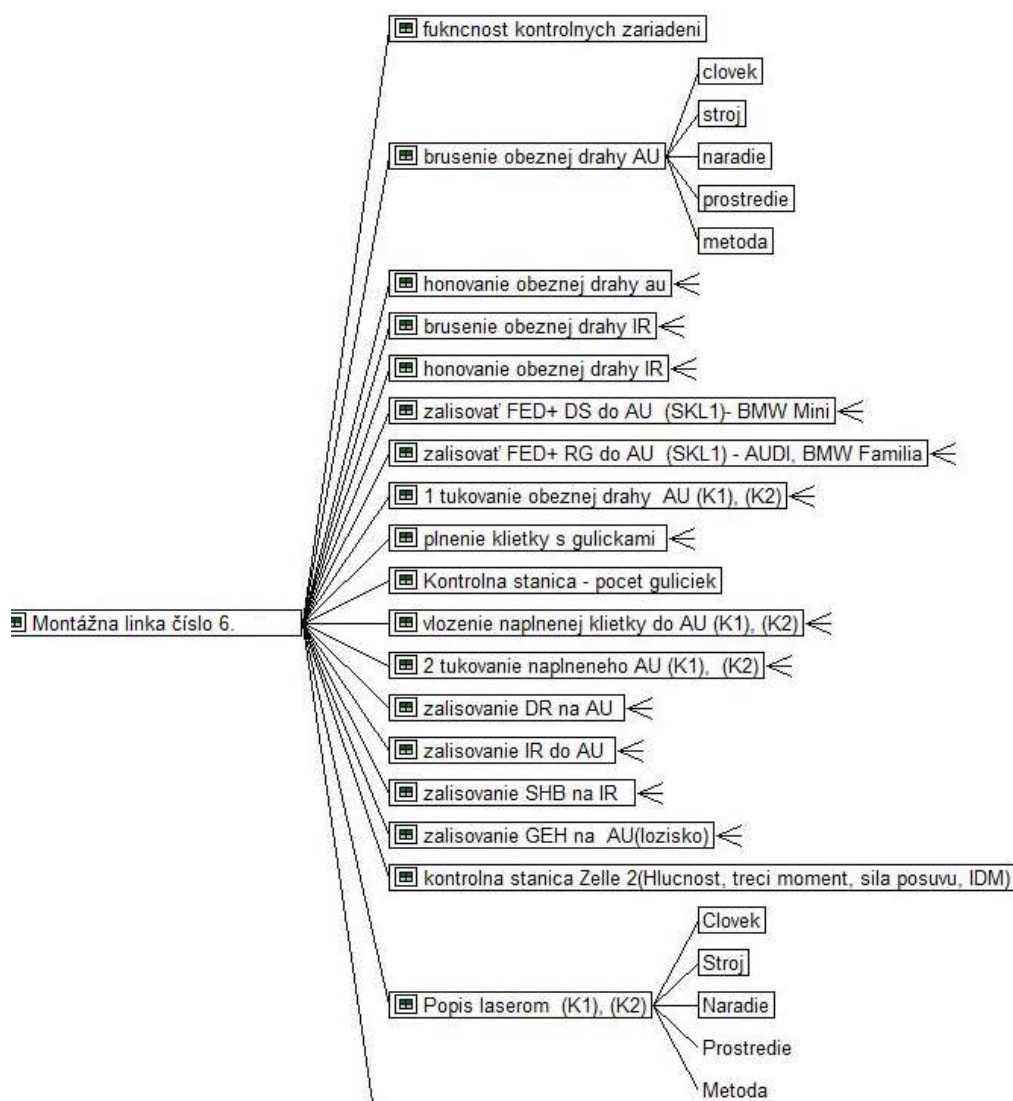
1. Stanovenie základných pravidiel pre aplikáciu metódy FMEA

Pre získanie prínosu z metódy FMEA je dôležité založenie tímu kompetentných ľudí, ktorý pozostáva z vedúceho tímu a vybraných členov tímu, ktorí by mali mať v danej problematike prehľad. Sú to napríklad technolog, konštruktér, kvalítar a mnohí ďalší.

V praxi to prebieha tak, že zvolený vedúci projektu stanoví časový rozsah realizácie metódy FMEA pričom vychádza z celkového termínovaného plánu celého projektu. Stanovia sa termíny vydávania priebežných správ, ktoré slúžia k informovaniu zostaveného tímu kompetentných ľudí o priebežnom stave realizácie FMEA. Takýmto spôsobom je možné zavčas reagovať na prípadné negatívne časové posuny. Tiež je určený termín záverečnej správy, ktorá zhodnocuje klady a zápory priebehu celého projektu FMEA [7].

2. Spravenie analýzy FMEA s použitím vhodného pracovného listu či iných prostriedkov, ako sú logické diagramy alebo stromy poruchových stavov

Štruktúra systému by mala obsahovať informácie ohľadom prvkov systému s ich charakteristikami, technickými parametrami, úlohami a funkciami. Ďalej by mali byť zohľadnené logické spojenia medzi prvkami, úrovne zálohovaní a povaha záloh, pozícia a dôležitosť systému v celom funkčnom celku, vstupy a výstupy systému a zmeny štruktúry systému pre meniace sa režimy celkového chodu systému. Príklad časti takejto štruktúry systému je na obrázku číslo 5 [7].



Obr. 5 Časť štruktúry systému prvkov
pri výrobe ložiska vypracovaná v programe APIS IQ-FMEA-L

3. Zhrnutia a správy o analýze, ktorá bude obsahovať závery a príslušné odporúčané opatrenia

Všetky potrebné znalosti analýzy sú obsiahnuté vo formulári a príslušnej dokumentácii, ktorá obsahuje napríklad maticu rizík či Parretovu analýzu.

Formulár FMEA procesu:

Najvhodnejšie dokumentovanie analýzy na určitej úrovni určitého prvku je prostredníctvom pracovného formulára. Formulárov existuje viacero druhov a je len záležitosťou podniku, aký si zvolí. V spoločnosti Schaeffler group je k dispozícii interný formulár, ktorý sa prispôbuje požiadavkám zákazníka, čiže je viacero verzií pre jednotlivé

zamerania ako napríklad letecký priemysel, automobilový priemysel, atď.. Vo formulároch bývajú zachytené údaje o vybranom procese, ktorý sa analyzuje, to znamená jeho detailný popis, vrátane pracovných postupov, krokov a jeho rozdelenie na operácie a úlohy. Časť formulára pre procesnú FMEA je znázornená na obrázku číslo 6.

			Formular - FORM - Formblatt <<process>>				Číslo:		Strana:	
Typ/Model/Vyhotovení/Várka:			Číslo pracovného chodu:		Zodpovedný:		Vytvorené:			
			Stav opatrení:		Firma:					
FMEA/Systémový element:			Číslo pracovného chodu:		Zodpovedný:		Vytvorené:			
			Stav opatrení:		Firma:		Zmienené:			
Následky chyb	Z	Druh chyb	K	Príčiny chyb	Preventívni opatrení	V	Opatrení detekce	D	RPN	O/T
Systémový element:										
Funkcia:										

Obr. 6 Výsek z interného formulára FMEA v spoločnosti Schaeffler group [18]

Ďalej formulár obsahuje detekciu možných chýb, ktoré sa môžu pri výrobe vyskytnúť, mieru závažnosti chyby, príčinu chyby, početnosť výskytu chyby, záznam možnosti odhalenia chyby, výpočet rizikovosti RPN, záznam nájdených a zaistených opatrení a kontrola procesu opakovaným prevedením vyhodnotení. Číselné hodnoty dosadzované do formulára vychádzajú z analýzy súčasného stavu a ich hodnotenia. Analýza zaraďuje zavedenie kontrolných opatrení, slúžiacich na odhalenie možných chýb alebo ich príčin vzniku. Je tu hodnotené riziko, ktoré je späté s každou príčinou poruchy. Všetky potenciálne chyby sú v tejto časti brané z troch hľadísk, kde sú vybrané riziká ohodnotené podľa závažnosti v stupnici od 1 do 10 [9].

Závažnosť poruchy, ktorá udáva, kedy by daná chyba mohla spôsobiť viacero dôsledkov, pričom za určujúce hodnotenie sa považuje najhorší možný dôsledok. Z tohto vychádza aj hodnotenie, kde v tabuľke pre hodnotenie závažnosti procesnej FMEA (tabuľka 1) platí, že väčšiemu ohrozeniu bezpečnosti je pridelené väčšie číslo v hodnotách od jedna do desať [4].

Tabuľka 1: Doporučené kritériá pre hodnotenie závažnosti vo FMEA procese. [2], [13], [12]

Dôsledok chyby	Dopad na zákazníka	Dopad na výrobu / montáž	Známka
Kritický, bez výstrahy	Veľmi vysoké hodnotenie závažnosti. Chyba má vplyv na bezpečnosť produktu alebo nedodržanie zákonných predpisov.	Alebo chyba môže ohrozovať operátora, stroj alebo zostavu.	10
Kritický s výstrahou	Veľmi vysoké hodnotenie závažnosti. Chyba má vplyv na bezpečnosť produktu alebo nedodržanie zákonných predpisov s výstrahou.	Alebo chyba môže ohrozovať operátora, stroj alebo zostavu s výstrahou.	9
Veľmi závažný	Strata hlavnej funkcie produktu.	Alebo sa musí 100% výrobkov šrotovať, alebo sa musí produkt opraviť v opravárenskej dielni za dobu menšiu než 1 hodina.	8
Závažný	Produkt funguje, ale úroveň jeho výkonu je znížená. Zákazník je veľmi nespokojný.	Alebo sa musí produkt pretriediť pričom časť menšia ako 100% z produktov šrotovať. Alebo sa musí produkt opraviť v opravárenskej dielni v intervale od ½ hodiny do jednej hodiny.	7
Mierny	Porucha sa prejavuje stratou výkonnosti časti zabezpečujúcej komfort, čo vedie ku nespokojnosti zákazníka.	Alebo sa musí produkt pretriediť pričom časť menšia ako 100% z produktov šrotovať. Alebo sa musí produkt opraviť v opravárenskej dielni do ½ hodiny.	6
Nízky	Porucha sa prejavuje stratou výkonnosti časti zabezpečujúcej komfort, čo vedie ku klesajúcej spokojnosti zákazníka.	Alebo sa musí 100 produktov prepracovať mimo linky, ale musí ísť na opravárenské oddelenie.	5
Veľmi nízky	Poruchu rozozná viac ako 75% zákazníkov.	Alebo sa musí produkt pretriediť bez šrotovania a časť menšia než 100% sa musí prepracovať.	4
Nepatrný	Poruchu rozozná 50% zákazníkov.	Alebo sa musí časť menšia ako 100% produktov prepracovať bez šrotovania, na linke ale mimo normálnu pozíciu.	3
Zanedbateľný	Poruchu rozoznávajú len náročný zákazníci v počte menej ako 25%.	Alebo sa musí časť menšia ako 100% produktov prepracovať bez šrotovania, na linke na normálnej pozícii.	2
Žiadny	Žiadny poznateľný dôsledok.	Alebo nepatrný problém v operácii alebo pre operátora alebo žiadny dopad.	1

Pravdepodobnosť výskytu chyby, ktorá závisí na technickom spôsobe vzniku chyby počas predpokladanej životnosti produktu. Možná početnosť chýb má základ v počte chýb, ktoré sú v priebehu celého procesu očakávané. Pre zaistenie kontinuity je vhodné použiť sústavný systém známkovania výskytu (tabuľka 2). Znamka výskytu je relatívnym hodnotením v rámci FMEA a nemusí vyjadrovať skutočnú pravdepodobnosť výskytu [4], [2]

Tabuľka 2: Doporučené kritériá hodnotenia výskytu pre FMEA procesu [2]

Pravdepodobnosť	Možné početnosti chýb	Znamka
Veľmi vysoká: Neprestajné chyby	≥ 100 na 1000 produktov.	10
	50 na 1000 produktov.	9
Vysoká: Časté chyby	20 na 1000 produktov.	8
	10 na 1000 produktov.	7
Mierna: občasné chyby	5 na 1000 produktov.	6
	2 na 1000 produktov.	5
	1 na 1000 produktov	4
Nízka: pomerne málo chýb	0,5 na 1000 produktov.	3
	0,1 na 1000 produktov.	2
Vzácná: Chyba je nepravdepodobná	$\leq 0,010$ na 1000 produktov.	1

Pravdepodobnosť odhalenia chyby (detekcia), ktorá sa hodnotí z hľadiska účinnosti doterajších kontrolných krokov, ktoré sa aplikujú pri posudzovaní konceptu produktu. Hodnoty vyjadrujúce pravdepodobnosť odhalenia chyby sa uvádzajú do tabuľky (tabuľka 3), v ktorej je klasifikácia znáмок určená tak, že vysokej pravdepodobnosti odhalenia chyby je určená nižšia znamka [4], [2].

Tabuľka 3: Pravdepodobnosť odhalenia výskytu chyby FMEA procesu [11]

Pravdepodobnosť odhalenia chyby	Znamka
Nepravdepodobné	10
Veľmi malá pravdepodobnosť	9
Stredná	6 - 8
Vyššia	2 - 5
Vysoká	1

Zavedenie nápravných opatrení

Nápravné opatrenia majú jasný cieľ, a to zníženie celkového rizika a pravdepodobnosti výskytu chyby. Nápravné opatrenia môžu byť konkrétne, čiže opatrenia slúžiace k odhaleniu, čo je tzv. detekcia, alebo aj preventívne, slúžiace k zamedzeniu chýb. Preventívne opatrenia sa používajú na usporiadanie celého systému aj s jeho charakteristikami tak, že sa zamedzí poruchám alebo docielime, že pravdepodobnosť poruchy bude minimálna. Tento proces nám pomáhajú zabezpečiť konštrukčné a materiálové normy, príslušná dokumentácia, dodržiavanie smerníc a simulačné štúdie. Opatrenia k odhaleniu detekujú vo vývoji možné poruchy, prípadne potvrdzujú účinnosť preventívnych opatrení. Tieto opatrenia musia byť popísané tak aby boli dosledovateľné a jednoznačné ako napríklad skúšanie prototypov, kontrolovanie funkcie podľa kontrolného plánu, laboratórne skúšky, simulácie atď.. V praxi to prebieha tak, že súbor FMEA obsahuje všetky protokoly, ktoré organizácia obsahuje. V termíne, keď končí lehota pre ukončenie daného opatrenia, ktorá bola stanovená na začiatku procesu v rámci dohody, sa osloví nositeľ daného opatrenia a ten je povinný približne do desiatich dní podať spätnú správu, ako bolo dané opatrenie splnené a podľa toho sa zníži miera rizika RPN (Risk Priority Number). Takto je stanovená miera účinnosti ním realizovaného opatrenia. Je dôležité, aby riešenie posúdili všetci členovia tímu, predovšetkým zástupcovia pre manažérstvo kvality. Ak je výsledok taký, že sú splnené všetky opatrenia z FMEA je vydaná záverečná správa pre vedúceho oddelenia. Táto správa je následne odoslaná konštruktérovi daného dielu. Pri procesných FMEA, je táto správa archivovaná až 10 rokov [7].

Ukazovateľ priority rizika RPN pomáha stanoviť prioritu opatrení, inak povedané mieru rizika každej príčiny možnej chyby, ktorá slúži ako rozhodovacie kritérium pre nasadenie optimalizačných opatrení. Číslo RPN dostaneme, z rovnice (2.1) ak vynásobíme hodnoty získané z predchádzajúcich tabuliek 1, 2, 3 používaných v INA Skalica čiže [4], [7]:

$$RPN = \text{pravdepodobnosť výskytu chyb} \cdot \text{význam chyby} \cdot \text{pravdepodobnosť odhalenia chyby} \quad (2.1)$$

Ďalším možným ukazovateľom môže byť matica rizík. V skupine Schaeffler sa prostredníctvom poľa rizika klasifikujú riziká, aby sa zaistila potreba konať, respektíve, aby sa definovala podmienka uvoľnenia. Je potrebné si uvedomiť, že neexistuje žiadna univerzálna definícia rizika, ale je nutné, aby riziko definoval pracovník, ktorý vytvára analýzu, a aby ju prijalo vrcholové vedenie programu alebo projektu. Na obrázku číslo 7 je zobrazené všeobecné charakteristické pole rizika pre FMEA produkt / proces. Na osi Y je zobrazený

význam sledu chýb a na osi X výsledok násobenia pravdepodobnosti výskytu a pravdepodobnosti odhalenia. V matici rizík vidno 3 oblasti [7], [20].:

Zelená oblasť:

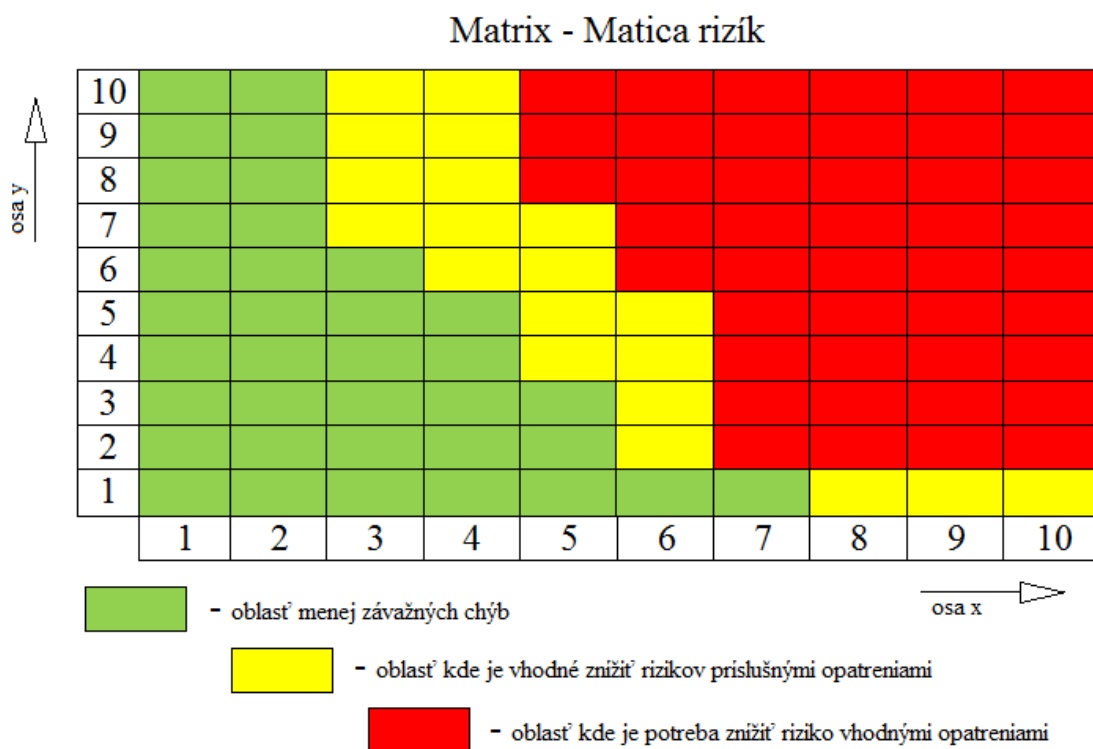
robustný produkt / robustný výrobný proces => nie je potreba konať.

Žltá oblasť:

rozsiahlo robustný produkt / robustný výrobný proces => nie je naliehavá potreba konať, riziko by sa malo ďalej znižovať vhodnými opatreniami.

Červená oblasť:

nie robustný produkt / nie robustný výrobný proces => je tu potreba konať, riziko sa musí znížiť vhodnými opatreniami.



Obr. 7 Matica rizík

Ďalšie nápomocné nástroje pre vypracovanie procesnej FMEA:

Pre analýzu problémov a stanovenie priorít sa používajú rôzne nástroje a metódy. V INA Skalica sú najpoužívanějšími metódami Paretova analýza a Analýza rozdielov. Ako softvérová podpora pre vypracovanie FMEA v INA Skalica slúži program APIS IQ – FMEA – L. Správny a funkčný software FMEA slúžiaci k stanoveniu softwarových prvkov, ich povahy, časovaní a postupnosti je veľmi dôležitý pretože stanovuje rozhodnutia o dôsledkoch, kritickosti a podmienených pravdepodobnostiach, ktoré z tejto analýzy vyplývajú.

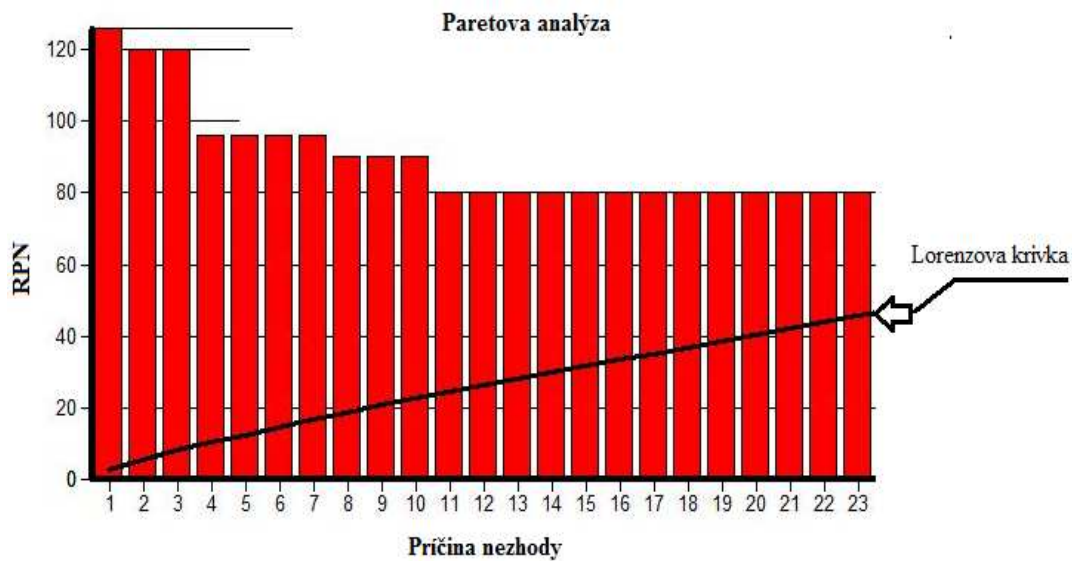
Softvér APIS IQ – FMEA – L je jedna z úrovní programu IQ – RM (obr. 8), ktorý má viacero funkčných úrovní pre vytváranie procesnej / produktovej FMEA. Do jeho funkcií patria štruktúra systémovej reprezentácie, funkcie a analýzy zlyhaní, funkcie siete, poruchové stromy podľa nemeckej normy DIN, certifikácia systémov riadení ISO 9000, nemecký systém manažérstva kvality VDA, akčné sledovanie procesov, hodnotiace štatistiky ako (Paretova analýza či analýza rizík), možnosť tímovej komunikácie prostredníctvom e-mailu a internetu, FMEA formuláre, schémy procesov, multi-jazyková podpora, diagramy dôsledkov a príčin atď. [3].



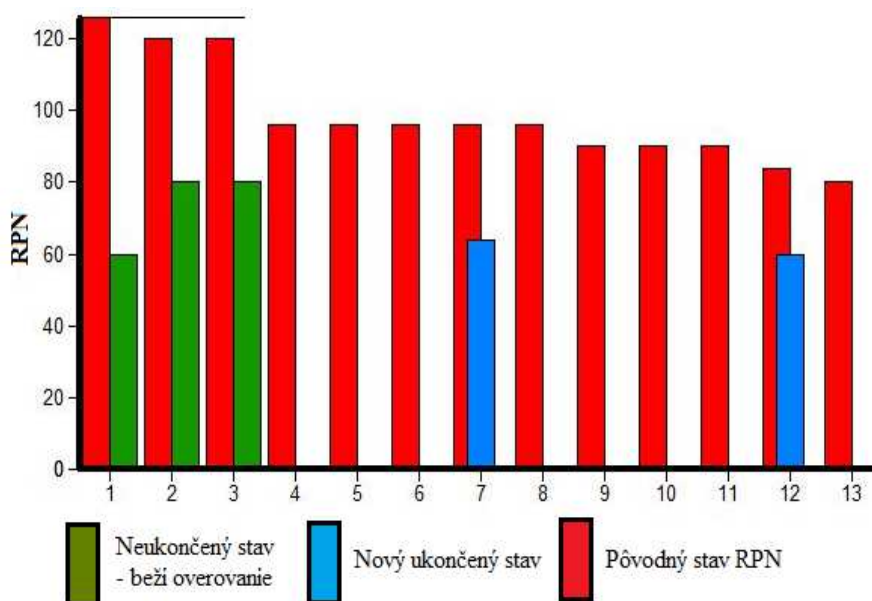
Obr. 8 APIS IQ – RM [3]

Parretova analýza (grafické znázornenie na obrázku číslo 10) slúži k znázorneniu poslednej aktuálnej hodnoty RPN. „Je zložená z Paretovho diagramu a Lorenzovej krivky. Lorenzova krivka je vytvorená takým spôsobom, že na os x sú vynesené také isté príčiny ako v Paretovom diagrame a na os y sa vynesie kumulatívny súčet podielov vyvolaných jednotlivými príčinami“ [7]. Paretova analýza je v literatúre označovaná aj ako pravidlo 80/20, a to z toho dôvodu, že podľa jej objaviteľa Vilfreda Pareta platí, že 20% všetkých nami vytvorených činností prináša až 80% zisku [20].

Analýza rozdielov znázorňuje vývoj RPN danej chyby (účinnosť riešení). Je veľmi podobná Paretovej analýze, len je doplnená o nedokončený stav, kedy ešte beží overovanie, a o nový ukončený stav, tak ako je znázornené na obrázku číslo 10.



Obr. 9 Vzor Paretovej analýzy



Obr. 10 Vzor Analýzy rozdielov

4. Aktualizácia analýzy

Po dokončení vývojových činností nastáva posledná časť FMEA, zohľadňujúca navrhnuté opatrenia. Je dôležité, aby boli ďalej preskúmané aj tie chyby, ktoré mohli tieto opatrenia ovplyvniť. Kritériá z predchádzajúceho stavu by mali zostať zachované. Opatrenia sa stávajú úspešnými, keď majú rizikové čísla analyzovaných porúch hodnoty menšie než

kritické. V prípade, že tieto čísla nie sú menšie, je potrebné hľadať lepšie opatrenia a spraviť nové preskúmanie [12], [13].

➤ FMEA SYSTÉMOVÁ

FMEA systémová analyzuje systémy a podsystémy v koncepčnom štádiu a zameriava sa na interakcie medzi systémami a elementami systému [9].

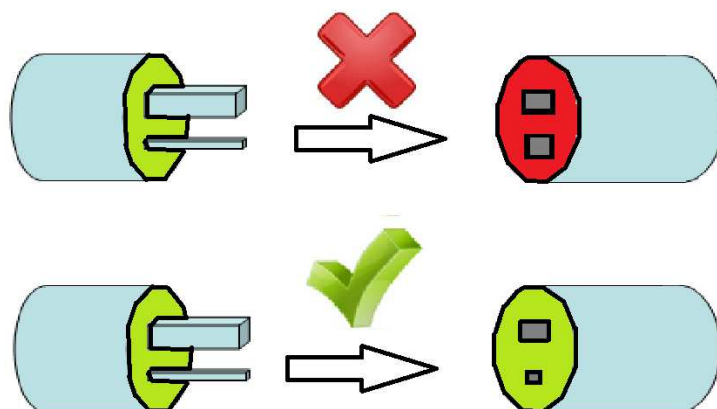
2.2 FMECA

Analýza spôsobov, dôsledkov a kritickosti porúch, skrátené FMECA z anglického názvu „Failure Mode, Effects and Criticality Analysis“ je metóda, ktorá rozširuje záber FMEA o odhad kritickosti dôsledkov porúch a pravdepodobnosti ich nastúpení. Stanovenie kritickosti znamená pridanie kvalitatívneho ukazovateľa veľkosti dôsledkov spôsobov porúch. Jedná sa o semikvantitatívnu analýzu, ktorá v súčasnosti patrí k najvyužívanejším metódam analyzujúcim spoľahlivosť procesov. Jej účelom je dokázať, že sú splnené bezpečnostné požiadavky, požiadavky na spoľahlivosť systému, sú špecifikované kritické miesta systému, atď. [4].

Pre vyhodnotenie tejto analýzy sa určuje kritickosť poruchy označovaná C, ktorá sa vyjadří súčinom pravdepodobnosti poruchy prvku, závažnosti dôsledku poruchy a relatívnou početnosťou výskytu príčiny poruchy [4].

2.3 Poka-Yoke

Zakladateľom tejto metódy, ktorá v preklade znamená predchádzanie chybám, je japonský inžinier Shigeo Shingo, ktorý pracoval vo firme Toyota. Slúži ako nástroj pre priblíženie sa k stavu nulových chybných výrobkov a obmedzení alebo rušeniu kontrol akosti. Hlavnou funkciou tejto metódy je teda zabránenie vzniku chýb, pričom môže chybám buď zabráňovať, alebo aspoň upozorňovať pracovníka na to, že sa chyba už vyskytla. Tento stav zabezpečuje tak, že priebeh výroby je prispôsobený tomu, aby každú jednotlivú operáciu bolo možné spraviť len jedným spôsobom. Myšlienka Poka-Yoke je súčasťou TPS čiže „Toyota Production System“. V praxi sa táto metóda prejavuje tak, že napríklad rôzne zástrčky či konektory sú vhodne farebne alebo tvarovo odlíšené, a teda umožňuje pracovníkovi zasunúť príslušný konektor do správnej zástrčky správnym smerom do správnej polohy, ako môžeme vidieť na ilustračnom obrázku 11. Ďalej môžeme vidieť vo výrobe rôzne tabuľky, znázorňujúce presné postupy či nakreslené šípky, atď. [9], [14].



Obr. 11 Príklad metódy Poka-Yoke [14]

„Základné prostriedky pre zisťovanie chýb pomocou tejto metódy sa môžu rozdeliť do dvoch kategórií a podľa toho, či sú prostriedky v kontakte s danou súčast'ou alebo nie.

Ak sú v kontakte, znamená to, že sa jedná o prostriedky, ktoré sa pre svoju správnu funkciu musia s výrobkom alebo s iným skúmaným objektom dotýkať. Medzi tieto patria najčastejšie mikrosplínače alebo koncové splínače. Môžu byť používané pre zisťovanie prítomnosti daného kusu alebo nástroja potrebného pre danú výrobu. Koncové snímače sa dajú použiť pre zaistenie toho, aby proces nemohol začať, pokiaľ napríklad kus nebude v správnej polohe, alebo sa dajú použiť pre zastavenie procesu v prípade zlého tvaru kusu.

Ak nie sú v kontakte, ide o snímače, ktoré nepotrebujú styk s výrobkom. Zväčša ide o drahšie, ale univerzálnejšie snímače ako napríklad optické snímače, elektronické počítadlá, kamery atď.“[9]

Jednotlivé typy prostriedkov Poka–Yoke sa rozdeľujú podľa funkcie a nastavení [9]:

- Spôsob zistenia chyby sa aplikuje v mieste zistenia chyby predtým, než samotná chyba nastane. Napríklad úprava náradia tak, aby sa doň mohla súčast' uložiť len jedným spôsobom.
- Bezchybná kontrola dielu pomocou snímacieho prvku umiestneného na konci procesu, ako napríklad snímač. Ak snímač zaznamená chybu, ako napríklad, že časť dielu chýba, zabráni zamestnancovi pokračovať v procese ďalej a na chybu ho upozorní.
- Splínače zaisťujú okamžité zastavenie operácie akonáhle je detekovaná chyba.

Najefektívnejšími prostriedkami pre prevenciu chýb pred ich vznikom sú mechanické prostriedky. Prostriedky, ktoré zastavia chybu v procese a nepustia ju šíriť ďalej, zabezpečujú znižovanie percenta chybných výrobkov, a tým aj náklady s týmto spojené. Prostriedky nemusia byť drahé a ťažko tvarovateľné, ale je zložitá nájsť také, ktoré splňajú konštrukčné

požiadavky. Dôležitú funkciu pri vytváraní zlepšujúcich návrhov v podniku zastávajú vedúci pracovníci, ktorí musia mať vytvorený akčný plán pre začlenenie týchto prvkov do výroby. Samotní zamestnanci by mali v prostredí spoločnosti tieto postupy používať, osvojiť si ich a brať ich za automatické [20], [9], [14].

2.4 SWOT

Vynálezcom tejto metódy je Albert Humphrey, ktorý viedol výskumný projekt, v ktorom použil údaje z 500 najlepších spoločností v USA podľa hrubého príjmu. SWOT analýza je základným nástrojom pre strategické plánovanie, slúžiaca na vyhodnotenie aktuálneho stavu z hľadiska silných a slabých stránok, príležitostí a hrozieb. Význam jednotlivých písmen v slove SWOT vychádza z anglických názvov a to „Strenghts“- silné stránky, „Weaknesses“- slabé stránky, „Opportunities“- príležitosti a „Threats“- hrozby [19].

Silnými stránkami rozumieme akékoľvek súčasné kladné interné podmienky, ktoré môžu napomáhať k dosiahnutiu cieľa, ako napríklad prístup ku kvalitnejším materiálom, finančné vzťahy, silný imidž, vysoká kvalita, vlastníctvo partnerov, vysoko kvalifikovaní pracovníci atď. [19].

Slabými stránkami rozumieme aktuálne interné podmienky, ktoré sťažujú dosiahnutie cieľa, ako napríklad prekročené úvery, zlá lokalita, neznáma značka, nižšia pružnosť oproti konkurencii atď. [19].

Príležitosťami rozumieme aktuálne alebo budúce vonkajšie podmienky, ktoré nám môžu pomôcť dosiahnuť stanovený cieľ a eliminovať hrozby, ako napríklad zmeny v legislatíve, rast počtu zákazníkov, trhová medzera, účasť na salónoch atď. [19].

Hrozbami rozumieme aktuálne alebo budúce vonkajšie podmienky, ktoré môžu sťažiť dosiahnutie nami stanoveného cieľa, ako sú napríklad vstup silného konkurenta na trh, pokles počtu zákazníkov atď. [19].

Pri SWOT analýze je treba postupovať v nasledujúcich šiestich krokoch:

1. cieľ, čiže niečo, o čom chceme konkrétne rozhodnúť, musí byť známy,
2. musia byť správne zadefinované bloky S W O T,
3. obodovanie najdôležitejších kritérií,
4. grafické znázornenie SWOT podľa sumárneho počtu bodov v každom bloku,
5. definovaná stratégia a stanovenie nápravných opatrení k vybraným kritériám,
6. stanovené opatrenia, ktoré je možné spracovať do 1 roka.

2.5 Metóda 5 Steps

Táto metóda určuje smernice postupu korektného zavedenia a následného udržania bezproblémového chodu nových opatrení. Správnym zavedením tejto metódy dosahujeme, že sa nevraciamy k zabehnutým postupom. Pre správnu aplikáciu je dôležité dodržať 5 krokov, ktoré realizuje buď technolog alebo technik na linke [9].

V prvok kroku je potrebné fyzicky preveriť riešenia vo výrobe, čo v praxi znamená, že preveríme, či zavedené opatrenia korektne spĺňajú nami zadané predpoklady. V druhom kroku zisťujeme, či nový proces nevykazuje nejaké riziko. V treťom kroku sa zamýšľame nad tým, čo je potrebné spraviť, aby sa zavedené opatrenia stali štandardom pre nasledujúce výrobné technológie a pôvodný postup už ďalej nebol používaný. V štvrtom kroku hľadáme spôsob, ako udržať správnu funkčnosť a vhodné podmienky a v poslednom, piatom kroku, informujeme všetkých účastníkov o zmene procesu a nových prípravkoch tak, aby sme mali istotu, že všetci zainteresovaní vedia, čo sa očakáva a ako procesy fungujú [9].

2.6 Metóda 7S

Je analýza, ktorá nám pomáha určiť kľúčové faktory úspechu, teda faktory podmieňujúce úspešnú realizáciu firemnej stratégie. Takýmito faktormi sú stratégia, štruktúra, systémy riadenia, štýl manažérskej práce, spolupracovníci, schopnosti a zdieľané hodnoty [8].

2.7 Metóda HAZOP

Táto metóda je tímovým procesom detailného rozpoznávanie problémov, ktoré sa týkajú nebezpečenstva a schopnosti prevádzky. Zameriava sa na odhalenie a detekciu potenciálnych odchýlok od cieľa projektu tak, že skúma ich možné príčiny a hodnotí vzniknuté následky. „Pre uľahčenie skúmania sa systém rozdelí na časti tak, aby mohol byť pre každú časť primerane stanovený cieľ projektu. Veľkosť zvolenej časti spravidla závisí na zložitosti systému a na závažnosti nebezpečenstva. V zložitých systémoch alebo v systémoch, ktoré predstavujú veľké nebezpečenstvo, bývajú tieto časti spravidla malé. V jednoduchých systémoch alebo v systémoch, ktoré predstavujú malé nebezpečenstvo, použitie väčších častí často urýchľuje štúdiu. Cieľ projektu pre danú časť systému sa vyjadří pomocou prvkov, ktoré sú nositeľmi významných vlastností danej časti a ktoré predstavujú prirodzené rozdelenie systému na časti. Voľba prvkov, ktoré sa musia skúmať, je do určitého rozsahu subjektívnym rozhodnutím, pretože môže existovať niekoľko kombinácií, ktorými je možné dosiahnuť požadovaného účelu, a voľba môže tiež závisieť na konkrétnej aplikácii. Prvky môžu byť

samostatné kroky alebo etapy postupu, jednotlivé signály a objekty zariadenia v riadiacom systéme, môžu to byť zariadenia alebo súčiastky v procese alebo v elektronickom systéme atď.“ [5]

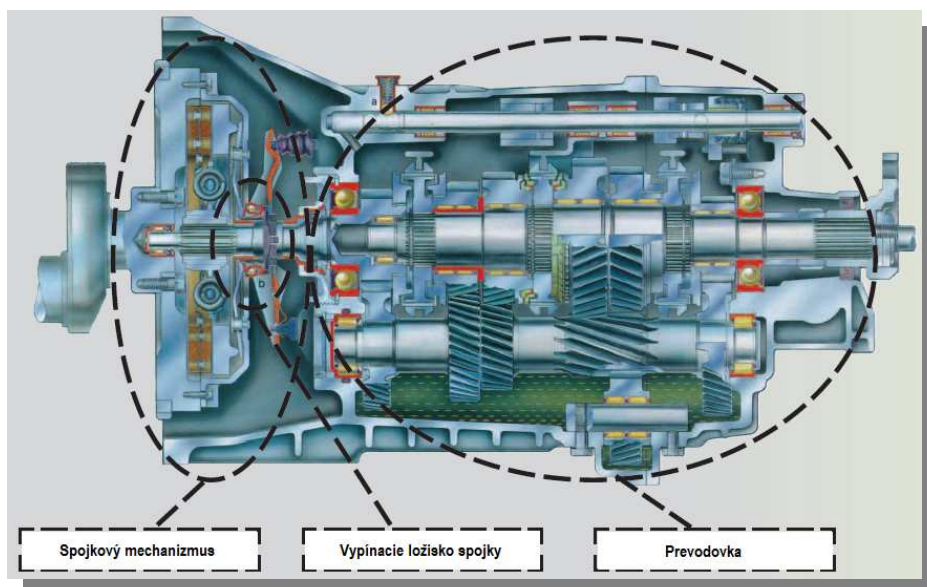
3 POPIS A ANALÝZA STÁVAJÚCEHO STAVU VÝROBY

Stávající stav výroby bol zhodnocovaný na základe vypracovania formulára, ktorý je predložený v prílohe číslo 1. Pomocou tohto formulára boli kladené otázky, ktoré zodpovedali zamestnanci linky, konštruktéri, ktorí ložisko navrhovali, a technológovia, zodpovední za chod linky. Otázky z formulára boli použité pre každý jednotlivý krok procesu výroby. Na základe zistení z tohto formulára boli priradené číselné hodnoty pre závažnosť chýb, pravdepodobnosť výskytu chýb a pravdepodobnosť detekcie chýb s pomocou ktorých boli stanovené čísla RPN k jednotlivým krokom výroby na linke. Zistenia vpísané do formulára boli ďalej konzultované v tíme ľudí zodpovedných za vypracovanie FMEA a následne zapisované do softvérového programu Apis IQ, z ktorého bolo možné zostaviť analýzu rizík, matrix, tabuľky hodnotenia početnosti, formulár FMEA a grafické znázornenia stromu štruktúry prvkov. Na základe zistení zo softvéru bola definovaná miera rizika ku každej nožnej príčine, pričom v tejto diplomovej práci sú spracované opatrenia pre najrizikovejšie príčiny. Formulár FMEA zachycujúci tieto najrizikovejšie príčiny je v prílohe 2. Proces priebehu výroby daného typu spojového ložiska, popis strojov a operácií na jednotlivých pracoviskách je rozoberaný v nasledujúcej kapitole 4.

Skupina spojových ložísk, založená v INA Skalica, sa začala vyrábať v roku 2010 v spolupráci s oddeleniami vo Schweinfurte v Nemecku a v Sorocabe v Brazílii. Táto skupina sa zaoberá výpočtami a vývojom spojových ložísk na základe podkladov od zákazníka tak, aby boli splnené funkčnosť a konštrukčné parametre. Navrhované diely sa sčasti vyrábajú ťahaním z pásového materiálu a preto sú navrhnuté tak, aby sa väčšina dielov dala unifikovať so stávajúcou produkciou, a tým sa znížili investície na nové náradie. Predtým, ako sa dostane výrobok do série vo vzorkových oddeleniach, sa vyrobia prototypy, ktoré sa čo najviac podobajú na sériový produkt. Navrhnuté prototypy sú podrobené rozličným testom: životnosti, hlučnosti, znečistenia, teplotným testom, testom funkčnosti a ďalšími. Po testoch sa súčiastky posielajú na RPA analýzu, čiže na analýzu vrátených dielov, kde sa vyhodnocuje opotrebenie a znečistenie ložiska. Keď súčiastka úspešne prejde testami, môže sa zaviesť do sériovej výroby. Výroba a montáž výtlačných spojových ložísk prebieha v Skalici na segmentoch R, N a I [18].

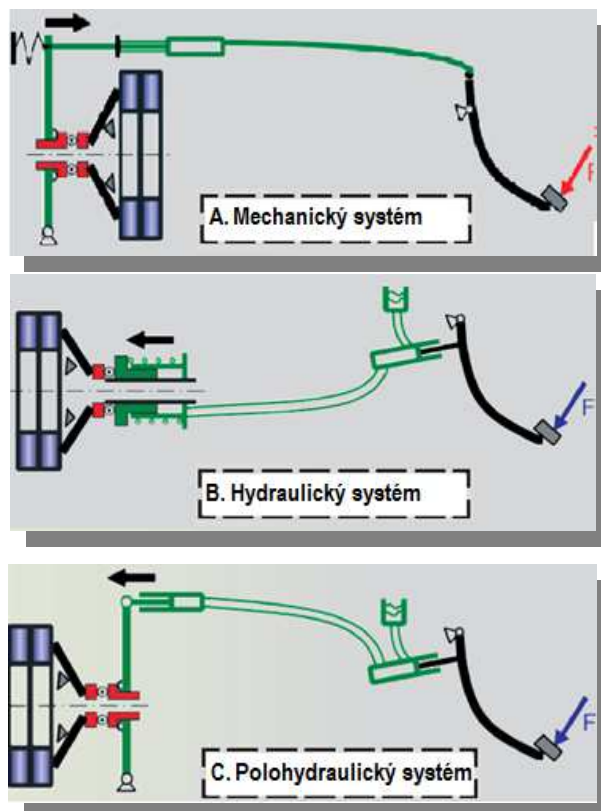
V tejto diplomovej práci sa rieši výroba a montáž spojového ložiska, ktorá prebieha na segmente N. Nie všetky komponenty sa dajú vyrobiť v našom podniku, a preto spolupracujeme napríklad s INA Lanškroun v Českej republike, odkiaľ nám dodávajú čiastočne pogumované a plastové diely.

Spojkové ložisko je neoddeliteľnou súčasťou spojkového mechanizmu znázorneného na obrázku číslo 12. aj s označeným spojovým ložiskom a prevodovkou.



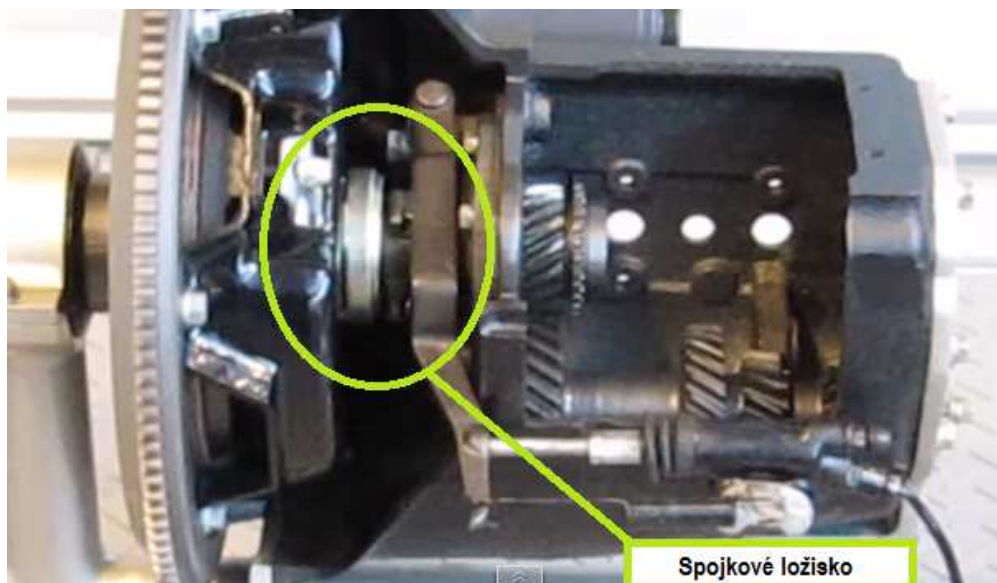
Obr. 12 Spojkové ložisko ako súčasť systému [18]

Mechanizmus pracuje tak, že spojovým pedálom ovládame spojku, ktorá sa nachádza medzi prevodovkou a motorom. Prenos sily, ktorá je prenášaná od pedála ku spojke, môže byť realizovaný buď mechanicky – lankom (obr. 13 A.) alebo hydraulicky (obr. 13 B.) pomocou dvoch piestikov, kde jeden je pod pedálom a druhý ovláda vidlicu pri spojke, alebo tretím spôsobom, a to polohydraulickými systémami (obr. 13 C.), pri ktorých je ovládací spojkový valček ovládaný pedálom spojky. Tlak na spojkový pedál prenáša vo valčeku umiestnená hydraulická kvapalina cez prepojovacie vedenie k ovládanému spojkovému valčeku. Keď pedál nie je stlačený, znamená to, že spojka je v zábere a motor cez ňu poháňa hriadeľ na prevodovke. A naopak, keď je pedál stlačený, spojka je rozpojená, čo spôsobí, že prevodovka nie je poháňaná a je možné radiť prevodové stupne [18].



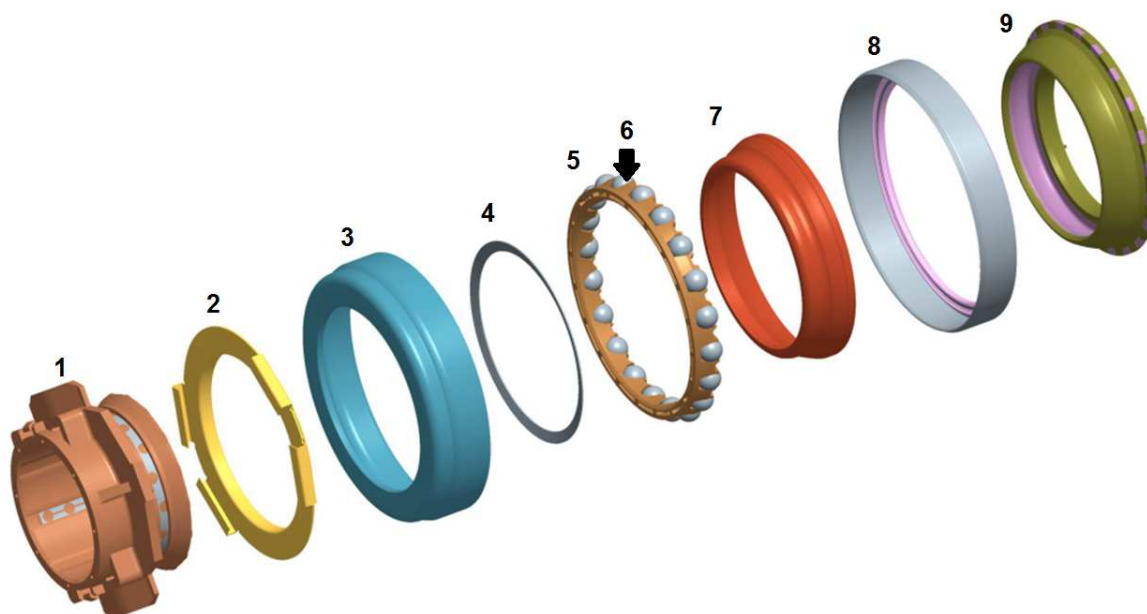
Obr. 13 A,B,C mechanický, hydraulický a polo hydraulický systém [18]

Spojkový mechanizmus sa skladá zo zotrvačníka, ktorý je upevnený na hriadeli od kľuky na motore. Jeho povrch je hladký a slúži ako dosadacia plocha pre obojstranný trecí kotúč. Na to, aby mohla byť krútiaca sila zo zotrvačníka prenášaná na trecí kotúč, musí byť tento kotúč na zotrvačnik pritláčaný. V tejto časti sa nachádza aj spojkové ložisko. Z druhej strany trecieho kotúča sa preto nachádza prítlačný tanier, ktorý má taký istý hladký povrch ako zotrvačnik. Na tento tanier tlačí membránová pružina, ktorá je na pevno upevnená na kryt bubnového tvaru. Kryt je pripevnený na zotrvačnik, aby pružina mohla tlačiť na prítlačný tanier. V strede trecieho kotúča je drážkovaná diera, do ktorej je zasunutý hriadeľ od prevodovky. Spojkové ložisko je uchytené do hliníkovej páky, ktorá prenáša silu do tlačnej spojky, kde celý mechanizmus pracuje tak, že páka sa prítlačným pohybom oprie o spojkové ložisko, ktoré má za úlohu zamedziť otáčavému pohybu celej spojky a zároveň zatlačiť na membránovú pružinu (Obr. 14). V tom čase teda prestane prítlačný tanier tlačiť na trecí kotúč a je prerušené spojenie so zotrvačnikom, čo spôsobí, že otáčavý pohyb sa už neprenáša zo zotrvačníka do hriadeľa prevodovky [18].



Obr. 14 spojkové ložisko uchytené v hliníkovej páke [18]

Vyrábané spojkové ložisko (obr. 15) sa skladá s deviatich častí na obrázku znázornených od 1 do 9, pričom na viac je medzi klietku naplnenú guľôčkami vkladajú tuk.



Obr. 15: Jednotlivé časti spojkového ložiska[18]

Popisy k jednotlivým komponentom ložiska:

Komponent číslo 1:

Táto časť sa nazýva plastový domec a slúži na uchytenie do hliníkovej páky, ktorá prenáša silu do tlačnej spojky. Tento komponent je vyrobený z plastu metódou vstrekovania.

Komponent číslo 2:

Táto časť sa nazýva spojovací krúžok a slúži ako spojovací komponent plastového domca s kompletom, pričom sa usadzuje na vonkajší krúžok.

Komponent číslo 3:

Táto časť sa nazýva vonkajší krúžok a slúži k odvaľovaniu valivých teliesok na protikrúžok. Taktiež plní funkciu nosnej časti pre napojenie ostatných komponentov.

Komponent číslo 4:

Táto časť sa nazýva tanierová pružinka, ktorá zabezpečuje komfortný pohyb spojky a nachádza sa na vnútornej strane vonkajšieho krúžku. Ovplyvňuje radiálnu silu a dráhu ložiska.

Komponent číslo 5:

Táto časť sa nazýva plastová klietka a plní funkciu držania valivých teliesok.

Komponent číslo 6:

Táto časť sa nazýva valivé telieska. Zabezpečujú valivé trenie, ktoré oddeľuje pohyblivú plochu od pevnej.

Komponent číslo 7:

Táto časť sa nazýva vnútorný krúžok a slúži na prepojenie hriadeľa motora s ložiskom a následne spojkou. Po jeho vonkajšej ploche sa odvaľujú valivé telieska.

Komponent číslo 8:

Táto časť sa nazýva vonkajšie tesnenie, ktoré je lisované na vonkajší krúžok. Jeho funkciami je držanie tuku na svojom mieste, zabezpečenie, toho aby sa do ložiska nedostali nečistoty, ktoré by mohli spôsobiť jeho zadrhnutie, a ako posledné drží tuk na svojom mieste tak aby sa nešíril mimo plochu jeho pôsobenie, ako je neplánované v technickej dokumentácii.

Komponent číslo 9:

Táto časť sa nazýva oporná podložka. Je kontaktným dielom s tanierovou pružinkou spojky a zabezpečuje plynulé dosadnutie na pružinu.

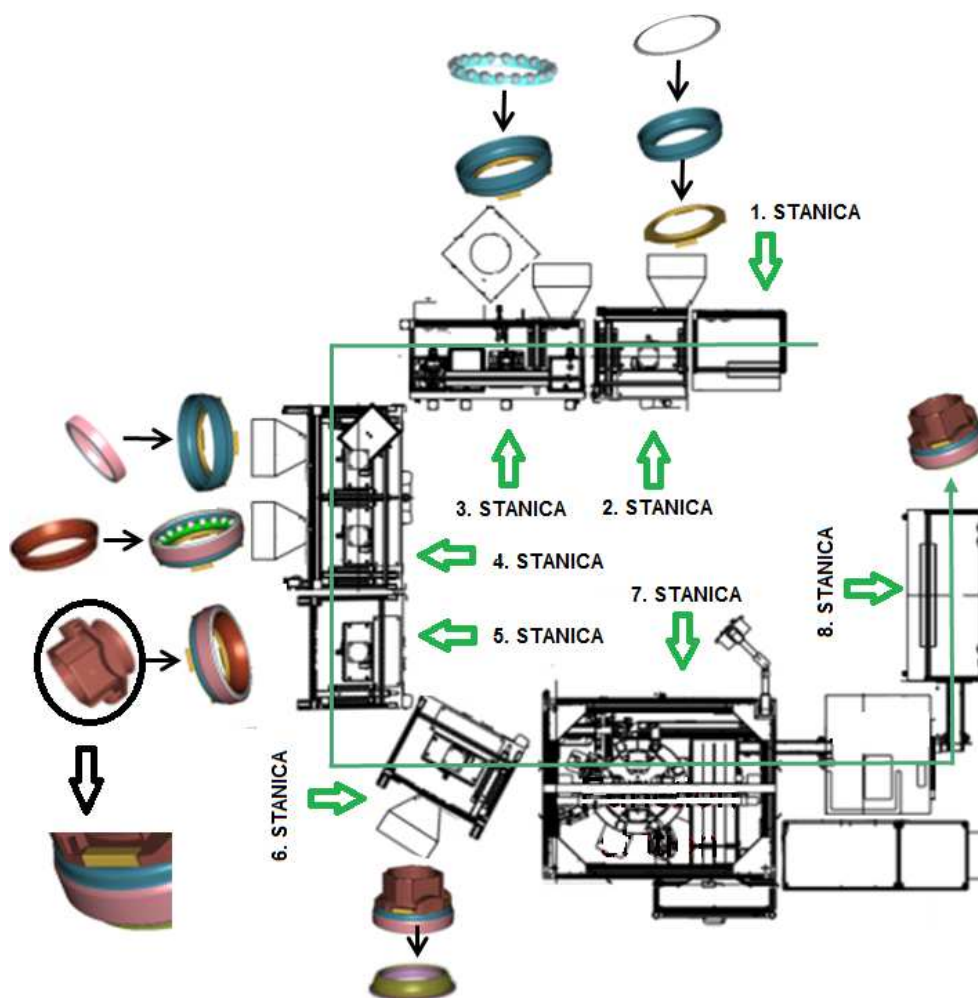
Poslednou, nie menej dôležitou, časťou spojového ložiska je tuk, ktorý sa nachádza na klietke s valivými telieskami. Jeho funkciou je zabezpečenie zníženia trenia, a tým aj rapídna eliminácia hluku kompletu.

V spoločnosti INA Skalica je používané veľké množstvo výrobných liniek. Ja som si pre svoju diplomovú prácu vybral hľadanie aktuálnych a potenciálnych chýb spracovaných analytickými metódami - konkrétne procesnou FMEA a Poka-Yoke metódou, zameranými pre výrobu ložísk na linke číslo 6, kde prebieha výroba spojového ložiska, určeného pre

automobilový priemysel. Výsledky zistené týmito analýzami by mali pomôcť pri riešení väčších častí reklamácií. Vyrobené ložiská môžu mať rôzne rozmery a parametre, ale postup výroby je vždy rovnaký, a preto sa vypracovaná analýza bude vzťahovať na produkt komplexne.

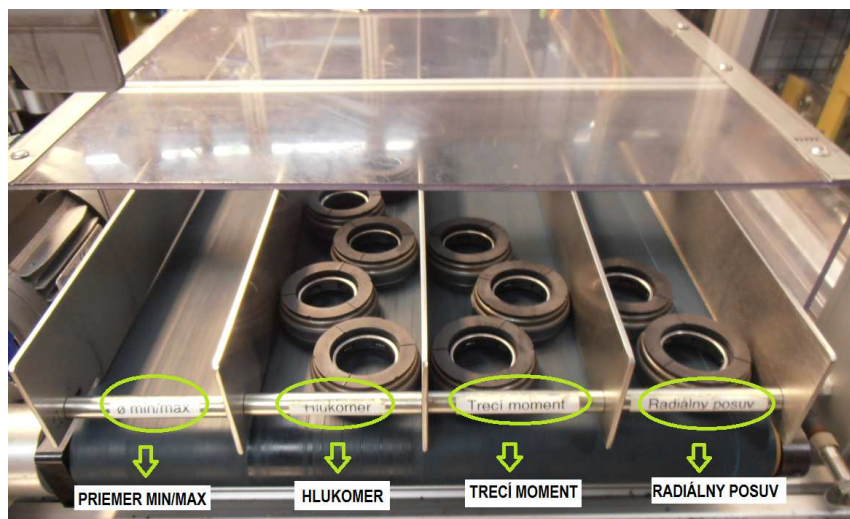
4 POPIS VÝROBNÝCH A MERIACICH BODOV VO VÝROBE LOŽÍSK

Samotná linka sa skladá z ôsmich staníc, pričom na každej prebieha iný proces montáže ložiska do kompletu. Na tejto linke sa zmontuje do kompletu celé spojkové ložisko. Postupnosť celého procesu krok za krokom je na obrázku číslo 16.



Obr. 16 Postupnosť výroby celku spojkového ložiska na linke [18]

Z celkového počtu staníc sú dve zamerané len na kontrolu, či výrobok spĺňa požadované kritériá predpísané výkresovou dokumentáciou, a jedna, čiastočne zameraná na kontrolu, ktorej súčasťou je kontrola počtu guľôčok v ložisku. Jedná sa o stanice sedem a osem, kde prvá z nich je kontrolná stanica nazývaná ZELLE 2 a slúži ku kontrole, toho či ložisko spĺňa predpísané parametre pre priemer, hlučnosť, trecí moment, radiálny posuv, či spĺňa kritériá znečistenia, pričom ak zistí, že niektoré z podmienok neboli splnené automaticky, dané ložisko vyselektuje do patričnej kategórie tak, ako je znázornené na obrázku číslo 17.



Obr. 17 selekcia ložísk ktoré nespĺňajú požadované parametre

Druhá zo spomínaných staníc je výstupná stanica pre vizuálnu kontrolu výrobku, ktorú vykonáva preškolený zamestnanec.

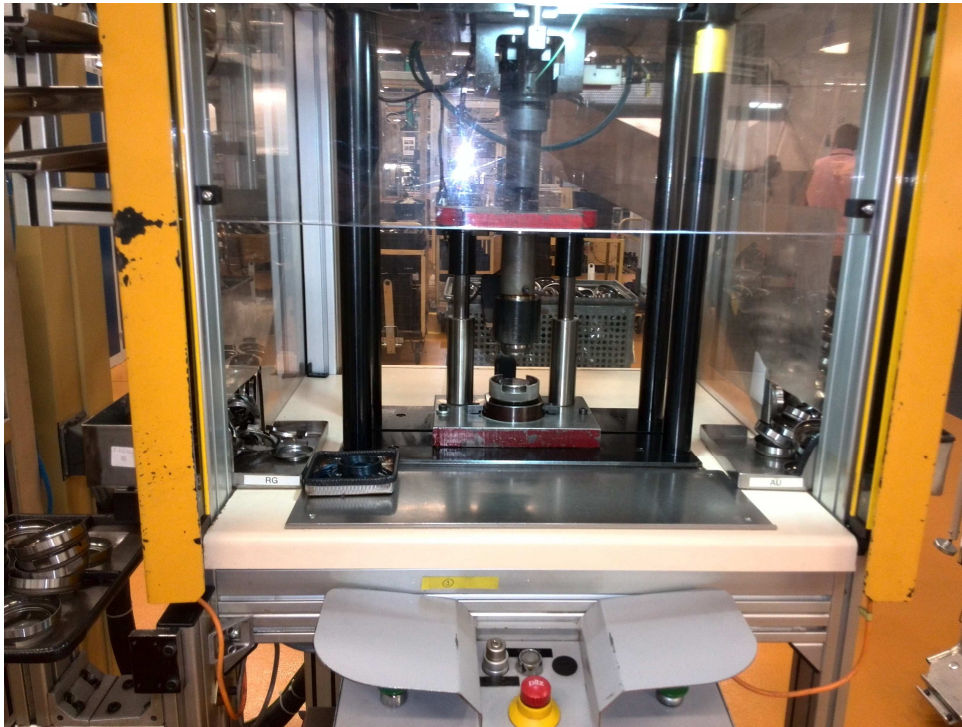
1. Stanica (Obr. 18) je pracovný stôl, kde majú pracovníci linky vyvesenú technickú dokumentáciu k montovaným spojkovým ložiskám, meracie prístroje, vzorový výsledný produkt, ako aj jednotlivé časti celého ložiska. Nachádza sa tu aj úložný priestor na základné náradie. Slúži pracovníkom linky ako pomocný stolík pre zapisovanie potrebných údajov pre program MOVE, ktorý je spomínaný v kapitole 1.1



Obr. 18 pracovný stôl

2. Stanica (Obr. 19) je pracovisko, kde sa zalisovávajú do seba časti ložiska 2, 3 a 4 postupne tak, že do náradia sa vloží komponent číslo 2 úchytní smerom nadol,

následne sa naň položí komponent 3 a do vnútra sa vloží tanierová pružinka a zalisuje sa do celku, čím vznikne produkt, ktorý nazveme A. Ochrannými prvkami na lisovacej stanici sú plastový kryt, znemožňujúci zásah do náradia z vonkajšieho prostredia, ktorý je dookola lisovacieho zariadenia, a senzorová brána, ktorá zabráňuje spusteniu lisu, kým nie je pracovník v dostatočnej vzdialenosti od zalisovávaného komponentu. Prítomnosť všetkých troch častí zabezpečuje snímač prítomnosti, ktorý pracuje na princípe merania výšky celku A, pričom snímač upozorňuje aj na výskyt použitia väčšieho množstva komponentov a zabráňuje v tomto prípade spusteniu stroja. Tento tip zabezpečenia je hlavne z dôvodu prítomnosti tanierovej pružinky, ktorá je malých rozmerov.



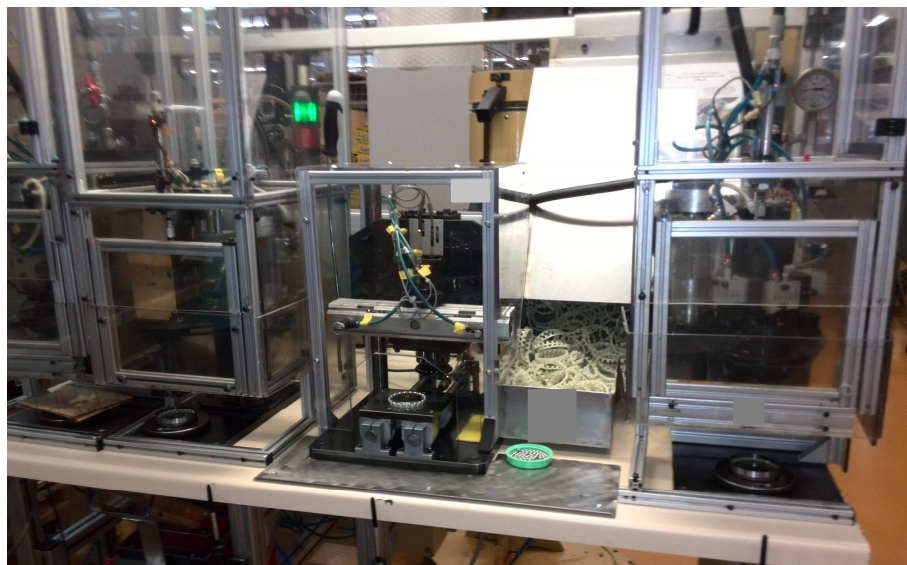
Obr. 19 Stanica pre zalisovanie spojovacieho krúžku, vonkajšieho krúžku a tanierovej pružinky

Jednotlivé časti komponentu A sa na pracovisko dostávajú pomocou podávačov, ktoré sú plnené z pripravených debničiek, ktoré majú svoje identifikačné číslo tak, aby nebolo možné zameniť komponent za iný. Takýto príklad môžeme vidieť na obrázku číslo 20. Debničky do podávačov umiestňuje zamestnanec pracoviska, pričom je povinný skontrolovať označenie príslušnej debničky. Takéto podávače sú na každom montážnom pracovisku linky 6 a ich plnenie je rovnaké.



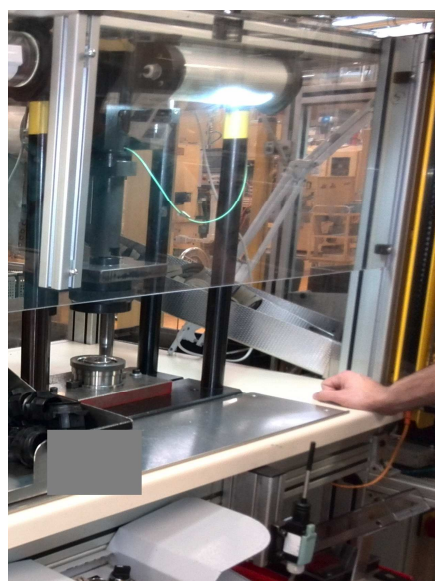
Obr. 20 Umiestnenie debničiek do podávačov

3. Stanica (obr. 21) je pracovisko pozostávajúce z troch pracovných krokov, ktoré obsluhuje jeden pracovník. V prvom kroku pracovník zoberie komponent A z predchádzajúcej stanice a nechá ho v prvom sektore stanice 2 natukovať na vnútornú stranu. V čase, kedy tukovací stroj vykonáva plnenie, pracovník v druhom kroku zoberie zo zásobníka klietku na valivé telieska, vloží ju do náradia a spustí stroj na naplnenie valivých teliesok do klietky. V tejto časti sa nachádza aj senzor pre kontrolu správneho počtu valivých teliesok v klietke. Po skončení druhého kroku zamestnanec zoberie komponent A s už aplikovaným tukom a doň vloží klietku s valivými telieskami, následne celú túto zostavu vloží do náradia v treťom kroku, kde stroj aplikuje tuk na vrchnú časť vlozenej klietky s valivými telieskami, a tak vznikne komponent, ktorý nazveme B. Valivé telieska sú do stroja dodávané zo zásobníkov, ktoré majú označenie podľa výkresovej dokumentácie. Klietky sú do procesu dodávané taktiež zo zásobníkov, ktoré si zamestnanec na pracovisku plní samostatne. Proces ochrany pracovníka aktuálne zabezpečujú ochranné plastové kryty.



Obr. 21 Stanica pre tukovanie a vkladanie valivých teliesok do kliečky

4. Stanica je pracovisko, ktoré je rozdelené do dvoch krokov. V prvom kroku (obr. 22) pracovník vloží komponent B z predchádzajúcej stanice do náradia, kde doň po spustení stroj prichytí na vonkajšiu stranu vonkajšie tesnenie, čím vznikne komponent nazvaný C. K bezpečnosti pracovníka na tomto pracovisku slúžia senzorové brány na čelnej strane a plastové kryty, ktoré sú umiestnené dookola. V druhom kroku (obr. 23) sa vykonáva zalisovanie vnútorného krúžku tým spôsobom, že pracovník vloží komponent C do náradia s vloženým vnútorným krúžkom a spustí stroj, ktorý ho zalisuje. Takýmto spôsobom vzniká časť spojového ložiska, ktorú nazveme D. Ochrannými prvkami sú plastové kryty a senzorové brány.



Obr. 22 Prichytenie tesnenia



Obr. 23 Zalisovanie vnútorného krúžku

5. Stanica (obr. 24) je pracovisko, na ktorom sa do komponentu D vykonáva zapojenie plastového domca, ktoré vykonáva školený pracovník ručne, a následné vloženie do ohýbačky, ktorá v dvoch etapách ohýbacieho procesu (predohnutie, ohnutie do koncovej fáze) napevno ukotví plastový domec pomocou nožičiek spojovacieho krúžku do časti D, čím nám vzniká nový komponent s názvom E. Ochrannými prvkami sú plastové kryty a senzorové brány.



Obr. 24 Zalisovanie vnútorného krúžku

6. Stanica (obr. 25) slúži k zalisovaniu opornej podložky do časti spojkového ložiska E pomocou hydraulického pretlačovacieho stroja a tak nám vzniká komponent F.



Obr. 25 Hydraulický pretlačovací stroj

7. Stanica je kontrolná stanica s názvom ZELLE 2 (obr. 26). Slúži na vyhodnotenie ložiska z hľadiska požiadaviek zákazníka. Kontroluje parametre priemeru, hlučnosti, trecieho momentu, radiálneho posuvu a znečistenia ložiska. Je najväčšou stanicou linky.



Obr. 26 Kontrolná stanica ZELLE 2

8. Stanica (Obr. 27) je pracovisko, na ktorom preškolený zamestnanec vizuálne kontroluje vyrobené ložiská, či nemajú odreniny, preliačiny, či všetky časti správne dosadajú a následne ich skladá do pripravených prepraviek, ktoré idú na zabalenie a vyexpedovanie.



Obr. 27 Kontrolné a baliace pracovisko

Pri výrobe spojkového ložiska na linke prebieha veľký počet kontrolných meraní pri jednotlivých operáciách v súlade s požiadavkami zákazníka. Meracími bodmi na ložisku sú [18]:

1. Zostatkový magnetizmus, ktorý sa robí dvakrát za zákazku v počte piatich meraných kusov na špeciálnom prístroji. Dodržanie požiadaviek nám zabezpečuje požadované správanie ložiska a neusadzovanie sa nečistôt na ložisko.
2. Kalibrácia lisu, jeho funkcia (uvoľnenie procesu a kontrola prvého dielu) pričom diel musí byť v poriadku. Pokiaľ sa tak nestane, musí sa lis nastavovať, až pokým nedostaneme diel s požadovanými parametrami.
3. Lisovacia sila pri spájaní spojovacieho krúžku, vonkajšieho krúžku a tanierovej pružinky do kompletu A. Prebieha tu 100% kontrola všetkých dielov pomocou kontrolného prístroja označeného KWU, ktorý meria dráhu a silu.
4. Kontrola správnej funkčnosti lisu pre zalisovanie spojovacieho krúžku, vonkajšieho krúžku a tanierovej pružinky do kompletu A, ktorá prebieha jedenkrát za zmenu.
5. Množstvo maziva (tuku) v prvej operácii tukovania, ktoré prebieha dvakrát za zmenu, v počte päť kusov. Meria sa váha natukovaného komponentu na jemných váhach.
6. Množstvo maziva (tuku) v druhej operácii tukovania, ktoré prebieha dvakrát za zmenu, v počte päť kusov. Meria sa váha natukovaného komponentu na jemných váhach.
7. Kompletnosť počtu guľôčok – 100% kontrola všetkých dielov pomocou senzora.
8. Správnosť funkcie senzora prítomnosti počtu guľôčok sa meria každé dve hodiny.
9. Lisovacia sila, pomocou ktorej sa zalisúva vonkajšie tesnenie do komponentu B. Prebieha tu 100% kontrola všetkých dielov pomocou kontrolného prístroja označeného KWU, ktorý meria dráhu a silu.
10. Kontrola správnej funkčnosti lisu pre zalisovanie vonkajšieho tesnenia do kompletu B, ktorá prebieha jedenkrát za zmenu.
11. 100% kontrola výšky vonkajšieho tesnenia po zalisovaní na komponent B pomocou výškovej šablóny.

12. Lisovacia sila, pomocou ktorej sa zalisúva vnútorný krúžok do komponentu C. Prebieha tu 100% kontrola všetkých dielov pomocou kontrolného prístroja označeného KWU, ktorý meria dráhu a silu.
13. Kontrola správnej funkčnosti lisu pre zalisovanie vnútorného krúžku do komponentu C, ktorá prebieha jedenkrát za zmenu.
14. Ohýbacia sila, pomocou ktorej sa ohýbajú úchyty zo spojovacieho krúžku z časti komponentu D, až po dosadenie na plastový domec. Prebieha tu 100% kontrola všetkých dielov pomocou kontrolného prístroja označeného KWU, ktorý meria dráhu a silu.
15. Kontrola správnej funkčnosti ohýbačky pre ohnutie úchytovej spojovacieho krúžku na plastový domec, ktorá prebieha jedenkrát za zmenu.
16. Lisovacia sila, pomocou ktorej sa zalisúva oporná podložka do komponentu E. Prebieha tu 100% kontrola všetkých dielov pomocou kontrolného prístroja označeného KWU, ktorý meria dráhu a silu.
17. Kontrola správnej funkčnosti lisu pre zalisovanie opornej podložky do komponentu E, ktorá prebieha jedenkrát za zmenu.
18. Meranie celkovej výšky spojového ložiska pod zaťažením pomocou prístroja na meranie výšky, ktoré prebieha jedenkrát za zmenu, v počte piatich kusov.
19. Meranie predpísaného odstupu spojového ložiska na prístroji pre meranie výšky, ktoré prebieha dvakrát za zmenu, v počte päť kusov.
20. Meranie šírky zalisovania spojovacieho prístrojom na meranie šírky, ktoré prebieha jedenkrát za zmenu, v počte päť kusov.
21. Meranie vzdialenosti vnútorného krúžku od vonkajšieho tesnenia, ktoré prebieha pri uvoľnení procesu a výmene náradia, v počte päť kusov pomocou prístroja a meranie výšky.
22. Meranie vonkajšieho priemeru vonkajšieho tesnenia jedenkrát za zmenu v počte päť kusov na meradle s digitálnym zobrazením hodnoty.
23. Meranie dráhy posuvu kompletu A dvakrát za zmenu v počte piatich kusov na meracom prístroji pre meranie rozdielu síl.
24. 100% kontrola sily posuvu kompletu A pomocou prístroja na meranie rozdielu sily.

25. Kontrola správnej funkčnosti prístroja na meranie rozdielu sily v počte dvoch kusov jedenkrát za zmenu.
26. 100% kontrola vnútorného priemeru plastového domca pomocou špeciálneho meradla.
27. Kontrola správnej funkčnosti špeciálneho meradla v počte dvoch kusov jedenkrát za zmenu.
28. Meranie hlučnosti spojkového ložiska pri všetkých dieloch na stanici hlučnosti.
29. Kontrola správnej funkčnosti stanice hlučnosti prebieha jedenkrát za zmenu v počte dvoch kusov.
30. Meranie trecieho momentu kompletu pri všetkých dieloch na stanici merania trecieho momentu.
31. Kontrola správnej funkčnosti prístroja na meranie trecieho momentu prebieha dvakrát za zmenu v počte piatich kusov.
32. Vizuálna kontrola laserového popisu dielov prebieha dvakrát za zmenu v počte piatich kusov.
33. Kontrola výkyvu opornej podložky prebieha jedenkrát za zmenu v počte piatich kusov na meradle pre meranie výkyvu.
34. Meranie momentu zlomu opornej podložky je robené jedenkrát za zmenu v počte piatich kusov na prístroji pre meranie výkyvu.
35. 100% vizuálna kontrola vzhľadových chýb (hroty, ostré hrany, korózia ...) na spojkovom ložisku.
36. 100% vizuálna kontrola balenia = škatuľa, označenia, etikety atď..
37. 100% kontrola počtu kusov v balení pomocou jemných váh.
38. Kontrola nastavenia váhy porovnávaním (TARA).

5 IDENTIFIKÁCIA PRÍČINY CHÝB VYBRANOU METÓDOU

Pre identifikáciu chýb na montážnej linke bola zvolená procesná FMEA, ktorej kroky a k nim patričné vysvetlenia sú uvedené v kapitole číslo 2.1.1. Identifikovaným chybám boli pridelené hodnoty na stupnici od 1 do 10, ktorých význam je uvedený v tabuľke číslo 1 pre závažnosť chýb, v tabuľke číslo 2 pre pravdepodobnosť výskytu chýb a v tabuľke číslo 3 pre pravdepodobnosť detekcie chýb. Rozmedzia hodnôt čísiel RPN boli stanovené po konzultácii so zákazníkom, ktorého hlavnou požiadavkou bolo, aby pridelená hodnota číselnej oblasti RPN od 1 do 90 zohľadňovala pole pôsobenia, kde ešte nie je potreba konať, hodnota číselnej oblasti RPN od 91 do 125 zohľadňovala pole pôsobenia, kde nie je naliehavá potreba konať, ale riziko by sa malo ďalej znižovať vhodnými opatreniami a aby číselná hodnota oblasti RPN od 126 do 1000 zohľadňovala pole pôsobenia, kde je potreba konať tak, že riziko musí byť znížené pomocou vhodných opatrení. Na základe zohľadnenia zákazníkových požiadaviek bola vypracovaná v rámci procesnej FMEA tabuľka hodnotenia príčin chýb a opatrení pred zavedením opatrení na chyby nachádzajúce sa v oblasti vysokého rizika, ktorá je v diplomovej práci uvedená ako tabuľka číslo 4. Ďalej bola vypracovaná tabuľka hodnotenia príčin chýb a opatrení po zavedení opatrení na chyby nachádzajúce sa v oblasti vysokého rizika, ktorá je v diplomovej práci uvedená ako tabuľka číslo 5. V týchto tabuľkách v poli závažnosti chyby vyjadrujú čísla v stĺpci „počet“ priradenú hodnotu koľkokrát sme akceptovali požiadavky zákazníka na výrobok (funkčnosť, životnosť, vzhľad ...), v poli pre pravdepodobnosť výskytu chyby vyjadrujú čísla v stĺpci „počet“ pridelenú hodnotu stabilnosti procesu výroby, to znamená ako často dochádza k chybám na výrobkoch. V poli pre pravdepodobnosť detekcie chyby vyjadrujú čísla v stĺpci „počet“ priradenú hodnotu stavu, že keď už spravíme chybu aké máme účinné kroky. Najvýznamnejšie chyby sú podrobne popísané a ohodnotené v kapitole 6. Takéto tabuľky sú vygenerované z programu APIS IQ – FMEA – L, do ktorého pracovníci poverení procesnou FMEA vkladajú informácie z tejto analýzy. Tieto tabuľky sú v prípade záujmu predstavené zákazníkovi, ktorý tak môže vidieť, nakoľko je zabezpečený proces výroby ním požadovaného spojkového ložiska. Po podpísaní patričných dokumentov môže byť poskytnutá zákazníkovi k nahliadnutiu celá procesná FMEA, ktorá je však s pohľadu firmy braná ako know-how, a teda nemôže byť poskytnutá v plnom rozsahu externým osobám. V prípade, že by sa zákazník priamo podieľal na procesnej FMEA, je možné ju poskytnúť s upozornením ohľadom uchovania tajomstva.

Tabuľka 4: Hodnotenie početnosti príčin chýb a opatrení

Typ FMEA: procesná Výrobok: spojkové ložisko Téma FMEA: montážna linka číslo 6.				Oddelenie: kvalita Číslo FMEA: 1.1 Strana: 1/2 Dátum: 25.05.2014			
Závažnosť		Pravdepodobnosť výskytu		Pravdepodobnosť detekcie		RPN	
Hodnota	Počet	Hodnota	Počet	Hodnota	Počet	Hodnota	Počet
1		1	22	1	2	1-25	12
2		2	66	2	10	26-50	36
3		3	16	3	29	51-75	21
4		4	2	4	11	76-90	16
5	9	5		5	21	91-100	6
6	45	6		6	11	101-125	10
7	4	7		7	18	126-150	2
8	65	8		8	1	151-175	3
9		9		9	1	176-200	
10		10		10	2	201-300	

Ku každej závažnosti systém automaticky zaraďuje do hodnotenia početnosti maximálnu hodnotu čísel (vyberie číslo s väčšou hodnotou). Pri počítaní výskytu neberie do úvahy čísla RPZ pre neukončené úlohy. Z týchto dôvodov môžu byť číselné hodnoty z matice rizík odlišnejšie ako z tabuľky hodnotenia početnosti. Matica rizík zohľadňuje všetky čísla Z.V.D a neuvažuje, či je stav dokončený, alebo nie je. V hodnotení rizík teda systém nezohľadní súčin čísel Z, V a D, ale len početnosť daného hodnotenia.

6 HODNOTENIE A SEKCIA NAVÝZNAMNEJŠÍCH PRÍČIN CHÝB

V rámci produktovej FMEA boli stanovené jednotlivé čísla RPN, ktoré sú vyjadrené v rozšírenej matici rizík, ktorá je stanovená vývojovým oddelením po konzultácii zo zákazníkom. Podľa grafického znázornenia je farebne vyjadrená náročnosť použitia výrobku. Orientačná hranica, kedy je nutné konať, je stanovená červenou farbou. Táto matica rizík je zobrazená na obrázku číslo 2.

Matica rizik																																																		
10																																																		
9																																																		
8			1	2	4	1	15	2	4	2	12	2	6	2	1																																			
7														4																																				
6	1			2	2		12		2	3	8	3	4																																					
5	1	1	1	1		2						1																																						
4																																																		
3																																																		
2																																																		
1																																																		
Z/DV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	21	24	25	27	28	30	32	35	36	40	42	45																						

Obr. 28 matica rizík pred zavedením opatrení

Z matice rizík môžeme vidieť, že v červenej oblasti veľkého rizika sa nachádza sedem príčin, z ktorých dve sú na hranici s žltou oblasťou akceptovateľných rizík a v rámci tabuľky hodnotenia početnosti spadajú pod oblasť akceptovateľných rizík. Pre diplomovú prácu bolo spracovaných prvých päť najvýznamnejších príčin chýb z červenej oblasti.

Prvou z týchto významných príčin vzniku chýb na spojovom ložisku je uvoľnenie kolíka z ohýbacieho náradia vplyvom vykonávajúceho procesu, čo spadá do kategórie opotrebeného náradia. Takýmto uvoľnením kolíka vzniká chybné ohnutie aspoň jednej z nožičiek slúžiacich k uchyteniu plastového domca. Operácia ohnutia nožičiek, prebieha v dvoch etapách, prvou etapou je predohnutie nožičiek a druhou je ohnutie nožičiek do koncovej polohy. Táto príčina chyby vzniká pri procese na stanici päť. Príčina sa nachádza v červenej časti matice rizík a jej hodnota RPN je 168.

Druhou významnou príčinou vzniku chýb na spojovom ložisku je nedodržanie štandardného postupu pri manipulácii s dielmi = vynechanie výrobnéj operácie. To znamená, že pracovník pošle komponent s neohnutými nožičkami ďalej. Nedodržaním tohto postupu je spôsobené, že nie sú ohnuté nožičky, ktoré majú držať plastový domec s kompletom D. Táto príčina chyby vzniká pri procese na stanici päť. Príčina sa nachádza v červenej časti matice rizík a jej hodnota RPN je 168.

Treťou významnou príčinou vzniku chýb na spojkovom ložisku je nedodržanie štandardného procesu pri zalisovaní tanierovej pružinky a spojovacieho krúžku do vonkajšieho krúžku. Nedodržaním štandardného postupu je myslené opätovné spustenie stroja a zalisovanie viackrát. Stroj takéto opätovné zalisovanie dokáže zachytiť a vyhodnotiť diel ako nepodarok, no následnou manipuláciou sa môže dostať do procesu. Táto príčina chyby vzniká pri procese na stanici dva. Príčina sa nachádza v červenej časti matice rizík a jej hodnota RPN je 162.

Štvrtou významnou príčinou vzniku chýb na spojkovom ložisku je nesprávna manipulácia v procese prvého tukovania obežnej dráhy komponentu A = vynechanie tukovania. Pretože na stanici musí zamestnanec spraviť v rýchlom slede viacero operácií za sebou, dochádza chybou manipulácie k vynechaniu operácie. Táto príčina chyby vzniká pri procese na stanici tri. Príčina sa nachádza v červenej časti matice rizík a jej hodnota RPN je 144.

Piatou významnou príčinou vzniku chýb na spojkovom ložisku je nesprávna manipulácia s „nezhodným dielom“, čím je spôsobené vynechanie lisovania vonkajšieho krúžku s vnútorným krúžkom. Pretože na stanici musí zamestnanec spraviť v rýchlom slede viacero operácií za sebou dochádza, chybou manipulácie k vynechaniu operácie. Táto príčina chyby vzniká na stanici štyri. Príčina sa nachádza v červenej časti matice rizík a jej hodnota RPN je 128.

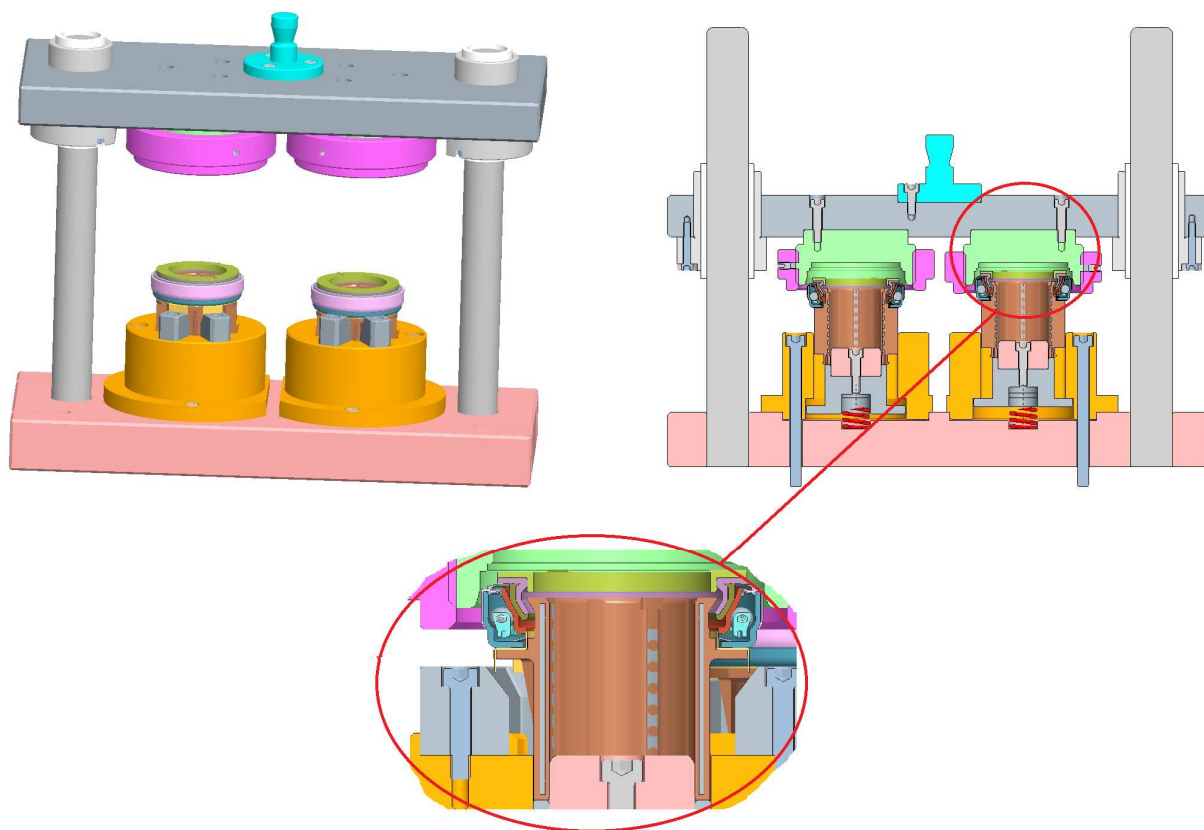
Nezhodný diel je interne používaný termín pre diel ktorý nemá predpísané parametre. To však neznamená, že diel je zlý, len to určuje fakt, že sním treba ešte niečo spraviť.

7 NÁVRH OPATRENÍ NA ELIMINÁCIU CHÝB

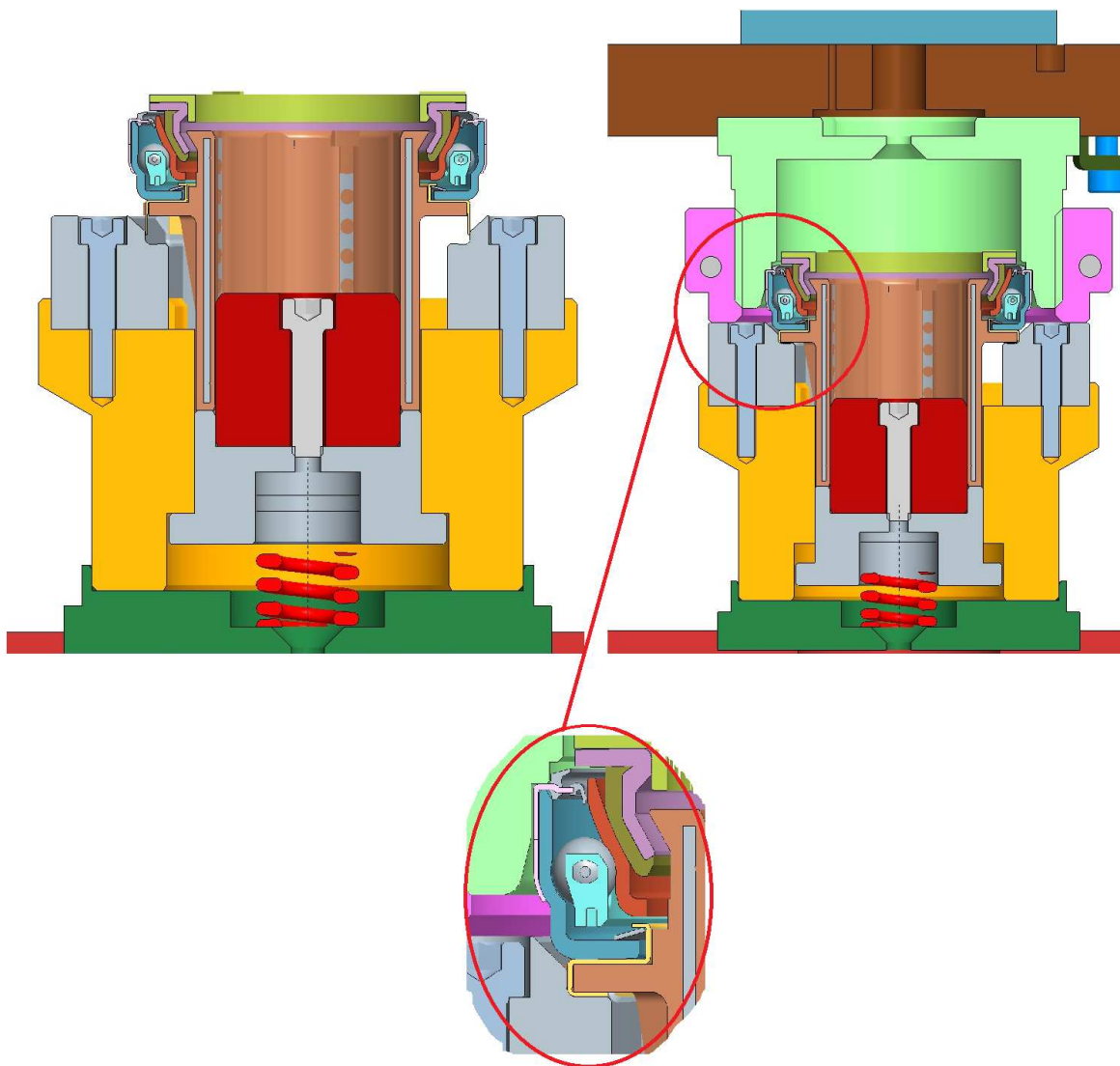
V tejto kapitole sú predstavené návrhy preventívnych opatrení a opatrení detekcie pre najväčšie riziká, ktoré vedú k zníženiu výskytu porúch a k zvýšeniu pravdepodobnosti odhalenia porúch a boli alebo budú v blízkej dobe zavedené na montážnu linku. Návrhy vychádzajú z analýzy procesnej FMEA a realizácia je prostredníctvom metódy Poka-Yoke, ktorá je bližšie popísaná v kapitole 2.3. Tieto opatrenia sú popísané pre päť najzávažnejších príčin porúch, ktoré som predstavil v kapitole šesť.

Opatrenia pre prvú príčinu:

Aby sme dokázali predchádzať prvej závažnej príčine s hodnotou RPN 168, boli stanovené preventívne opatrenia pomocou konštrukčnej Poka-Yoke prostredníctvom kontaktných prostriedkov. Úpravou pôvodného ohýbacieho náradia sme docielili zabráneniu samovoľného uvoľnenia kolíka a transformovali proces z postupného ohýbania nožičiek na dva zdvihy (je vidno v reze na obrázku číslo 29) na nový proces ohnutia nožičiek v jednom cykle na jeden zdvih. Stav po použití preventívnych opatrení je znázornený v reze na obrázku číslo 30.



Obr. 29 Proces postupného ohýbania nožičiek na dva zdvihy
(stav pred použitím opatrení) [18]



Obr. 30 Proces ohnutia nožičiek v jednom cykle na jeden zdvih
(stav po použití opatření) [18]

Ak by preventívne opatrenia neboli dostatočne účinné, použili sme bezkontaktné detekčné opatrenia, ktoré vedú v konečnom dôsledku k náprave vzniknutej chyby. Medzi tieto opatrenia patrí to, že zamestnanec má k dispozícii fotografie a popisy správne zalisovaných súčasti, ktoré sú vyvesené v hornej časti stanice. Ďalej bola na stanicu nainštalovaná automatická kontrolná stanica, ktorá vykonáva stopercentnú kontrolu kamerovým snímačom. Ak proces prebieha v poriadku, svieti na majáku stanice zelené svetlo, ale v prípade odhalenia danej chyby stanica rozsvieti na majáku výstražné červené svetlo. Tento proces je zaznamenaný na obrázku číslo 31, kde v červených krúžkoch vidíme výstražné majáky a v zelenom monitor kontrolnej stanice zobrazujúci grafický priebeh operácie ohýbania. Stanovený dátum ukončenia realizácií opatrení je 11.7.2014, pričom zodpovedný za dodržanie termínu je Martin Vítek (technolog). Týmto termínom je myslený dátum kedy sa proces

uvoľní a môže začať sériová výroba. Pokiaľ nie je termín ukončený robí sa testovanie a hodnotenie spôsobilosti stroja, náradia, dielov, vzorkovania dielov atď.. Táto definícia termínov platí pre všetky spomínané opatrenia. Pôvodný stav pred zavedením opatrení je na obrázku číslo 32.

O tieto opatrenia boli rozšírené pôvodné detekčné opatrenia , ktoré spočívali v stopercentnej vzhľadovej kontrole po operácii ohýbania, ktorú vykonával preškolený zamestnanec pracoviska.



Obr. 31 Proces po zavedení opatrení



Obr. 32 Proces pred zavedením opatrení

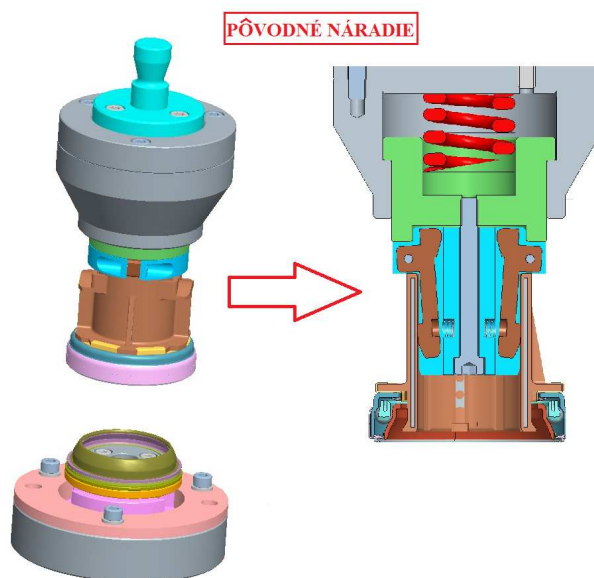
Touto stanicou prejde podľa plánu v tomto roku 846 000 kusov spojových ložísk. Doposiaľ ňou prešlo 352 500 kusov, z čoho bolo 177 nepodarkov. Pomocou spomínaných opatrení sa z hodnoty výskytu chýb (3) na linke dostaneme na hodnotu (1), na ktorú pripadajú 4 chybné kusy pre plánovaný objem výroby ložísk od zavedenia opatrení. Výrobná cena jedného ložiska je 5 €. Náklady na dané opatrenia sú vyčíslené v hodnote 500 €. V priebehu tohto roku tak ušetríme približne 865 € na produkcii chybných dielov od zavedenia opatrení.

V nasledujúcom roku prejde podľa plánu touto stanicou 890 000 kusov ložísk z čoho podľa hodnoty výskytu (1) bude počet chybných kusov 9 vo vzťahu k danému objemu produkcie. Ak by sme pokračovali v produkcii bez daných opatrení, predpokladaný počet chybných kusov by bol 445. V priebehu nasledujúceho roku teda ušetríme na produkcii chybných dielov približne 2180 €.

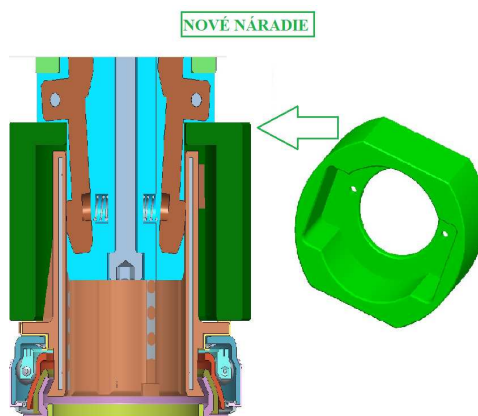
Uvedené čísla majú len informatívny charakter pretože vychádzajú s plánovaného objemu produkcie, ktorý sa môže v priebehu meniť. Ich výpovedná hodnota je však pomerne vysoká.

Opatrenia pre druhú príčinu:

Aby sme dokázali predchádzať druhej závažnej príčine s hodnotou RPN 168, boli stanovené preventívne opatrenia pomocou konštrukčnej Poka-Yoke prostredníctvom kontaktných prostriedkov. Úpravou pôvodného náradia na nasledujúcej operácii sme docielili zabránenie vloženia dielu do náradia s neohnutými nožičkami, čo zamestnanca upozorní, že nebol dodržaný štandardný postup manipulácie s dielom a nedovolí mu takýto diel posunúť do ďalšieho priebehu výroby. Zamestnanci stanice musia prejsť riadnym školením. Pôvodné náradie (Obr. 33) a návrh nového náradia je zobrazený na obrázku číslo 34.



Obr. 33 Stav pred zavedením opatrení[18]



Obr. 34 Stav po zavedení opatrení[18]

Ak by preventívne opatrenia neboli dostatočne účinné, použili sme bezkontaktné detekčné opatrenia, ktoré vedú v konečnom dôsledku k náprave vzniknutej chyby. Tieto opatrenia sa zhodujú s opatreniami pre prvú príčinu vzniku chýb. Stanovený dátum ukončenia realizácie opatrení je 11.7.2014, pričom zodpovedný za dodržanie termínu sú Martin Vítek (technolog) a Jozef Macánek (technolog). O tieto opatrenia boli rozšírené pôvodné detekčné opatrenia, ktoré spočívali v čítaní výrobnjej dokumentácie, školení na pracovnú pozíciu a stopercentnej vzhľadovej kontrole po operácii ohýbania, ktorú vykonával preškolený zamestnanec pracoviska.

Touto stanicou prejde podľa plánu v tomto roku 846 000 kusov spojových ložísk. Doposiaľ ňou prešlo 352 500 kusov z čoho bolo 177 nepodarkov. Pomocou spomínaných opatrení sa z hodnoty výskytu chýb (3) na linke dostaneme na hodnotu (2), na ktorú pripadá 36 chybných kusov pre plánovaný objem výroby ložísk od zavedenia opatrení. Výrobná cena jedného ložiska je 5 €. Náklady na dané opatrenia sú vyčíslené v hodnote 500 €. V priebehu tohto roku tak ušetríme približne 705 € na produkcii chybných dielov od zavedenia opatrení.

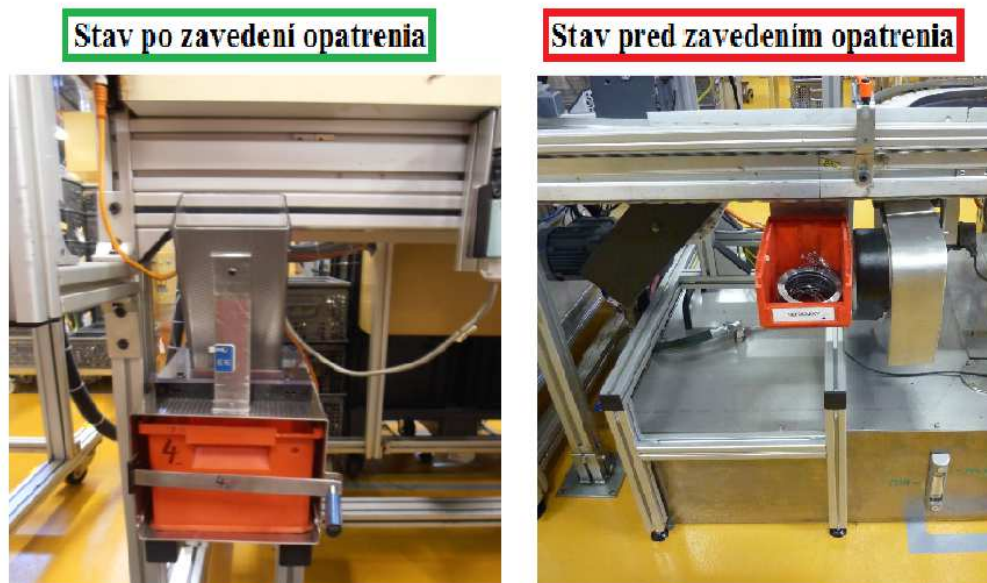
V nasledujúcom roku prejde podľa plánu touto stanicou 890 000 kusov ložísk, z čoho podľa hodnoty výskytu (2) bude počet chybných kusov 89 vo vzťahu k danému objemu produkcie. Ak by sme pokračovali v produkcii bez daných opatrení, predpokladaný počet chybných kusov by bol 445. V priebehu nasledujúceho roka teda ušetríme na produkcii chybných dielov približne 1780 €.

Uvedené čísla majú len informatívny charakter, pretože vychádzajú z plánovaného objemu produkcie, ktorý sa môže v priebehu roka meniť. Ich výpovedná hodnota je však pomerne vysoká.

Opatrenie pre tretiu príčinu:

Aby sme dokázali predchádzať tretej závažnej príčine s hodnotou RPN 162, boli stanovené preventívne opatrenia, spočívajúce v zaškolení zamestnancov na pracovnú pozíciu a priložení výrobnjej dokumentácie vo forme podrobného vizuálneho návodu montáže komponentov. Pomocou bezkontaktných detekčných systémov boli stanovené detekčné opatrenia, spočívajúce v namontovaní debničky so snímačom prítomnosti nezhodného dielu, ktorý je pripojený k stanici na kontrolné zariadenie, vykonávajúce stopercentnú kontrolu počtu zdvihov pri lisovaní. Takže v prípade, ak sa stane, že diel je dvakrát zalisovaný, ďalší stroj na nasledujúcej stanici nedovolí zamestnancovi pokračovať v procese, pokiaľ takýto diel nevhodí do červenej debničky, ktorá zaznamená jeho prítomnosť, a tak zabezpečí, že sa

nedostane do ďalšieho procesu. Zamestnanec je ďalej povinný vizuálne kontrolovať náhodne zalisované diely. Stav pred a po zavedení červenej debničky so snímačom môžeme vidieť na obrázku číslo 35. Stanovený dátum ukončenia realizácie opatrení je 30.5.2014, pričom zodpovedný za dodržanie termínu je Martin Vítek (technolog). O tieto opatrenia boli rozšírené pôvodné detekčné opatrenia , ktoré spočívali v čítaní výrobnnej dokumentácie a školení na pracovnú pozíciu.

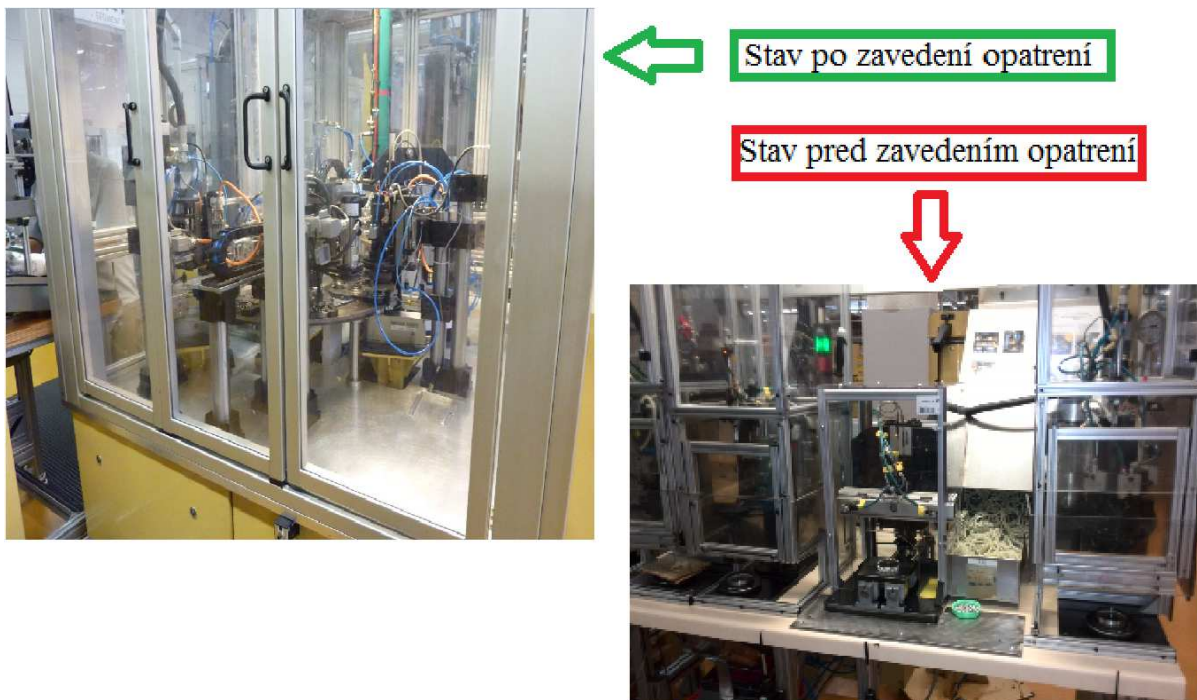


Obr. 35 Stav pred a po zavedení červenej debničky so snímačom

Touto stanicou prejde podľa plánu v tomto roku 846 000 kusov spojových ložísk. Doposiaľ ňou prešlo 352 500 kusov, z čoho bolo 177 nepodarkov. Pomocou spomínaných opatrení sa zamedzí, aby sa tieto diely dostali do ďalšieho procesu výroby. Náklady na debničku so senzorom sú 100 €.

Opatrenie pre štvrtú príčinu:

Aby sme dokázali predchádzať štvrtej závažnej príčine s hodnotou RPN 144 boli stanovené preventívne opatrenia, spočívajúce v inštalácii automatickej kontrolnej stanice s implementovaným automatickým tukovaním a kontrolou. Pomocou kontaktných detekčných systémov boli stanovené detekčné opatrenia spočívajúce v stopercentnej kontrole vážením v kontrolnej stanici. Stanovený dátum ukončenia realizácie je 30.9.2014, pričom zodpovedný za dodržanie termínu je Jozef Macánek (technolog). O tieto opatrenia boli rozšírené pôvodné detekčné opatrenia , ktoré spočívali v kontrole tuku vážením dvakrát za zmenu. Na obrázku číslo 36 môžeme vidieť stav pred zrealizovaním opatrení a po ňom.



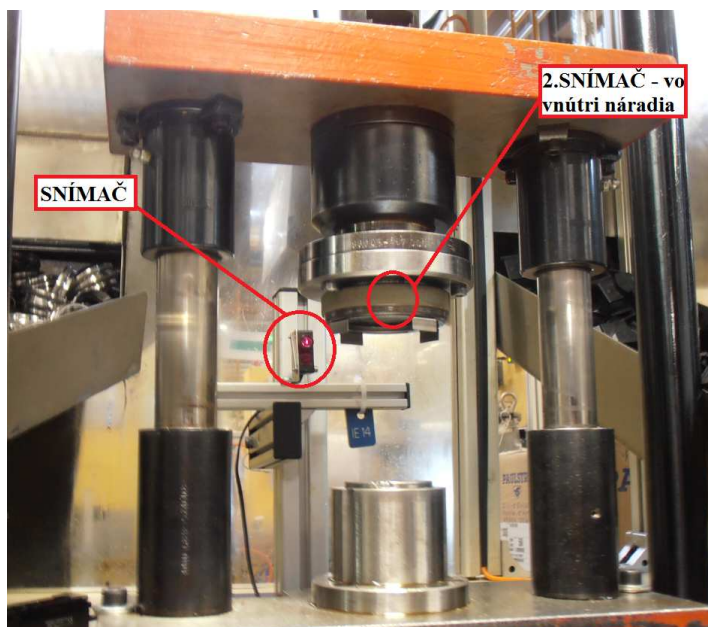
Obr. 36 Stav pred zrealizovaním automatickej stanice a po zrealizovaní

Touto stanicou prejde podľa plánu v tomto roku 846 000 kusov spojových ložísk. Doposiaľ ňou prešlo 352 500 kusov, z čoho bolo 177 nepodarkov. Pomocou spomínaných opatrení sa z hodnoty výskytu chýb (3) na linke dostaneme na hodnotu (1), na ktorú pripadá 5 chybných kusov pre plánovaný objem výroby ložísk od zavedenia opatrení. Výrobná cena jedného ložiska je 5 €. Náklady na dané opatrenia sú vyčíslené v hodnote 140 000 € za nákup novej kontrolnej stanice. Pri novej stanici však eliminujeme potrebu obsluhy ľudského faktoru, kde v starom procese na stanici pracoval jeden zamestnanec v trojzmennej prevádzke. Náklady na jedného zamestnanca sú stanovené 15 000 €/rok. Za jeden rok teda minieme na obsluhu stanice 45 000 € a teda návratnosť novej automatickej stanice je v priebehu nasledujúcich troch rokov.

Opatrenia pre piatu príčinu:

Aby sme dokázali predchádzať piatej závažnej príčine s hodnotou RPN 128, boli stanovené preventívne opatrenia bezkontaktných prostriedkov, spočívajúce v zavedení senzora snímajúceho prítomnosť vnútorného krúžku v stanici lisovania spojovacieho krúžku (umiestnenie vo vnútri náradia). Čo znamená, že ak zamestnanec na stanici číslo štyri vloží ručne vnútorný krúžok do kompletu C, ale nezalisuje ho a pošle ďalej, na nasledovnej stanici snímač zaznamená, že tento krúžok nie je zalisovaný a zabráni spusteniu stroja. Takto teda eliminujeme pustenie „nekompletného“ dielu do ďalšieho procesu a zabránime poškodeniu

kontrolnej stanice ZELLE 2, v ktorej by nastalo pri kontrole zabezpečenie plastových častí ložiska do úchyto. Inštalovaný snímač môžeme vidieť na obrázku číslo 37. Stanovený dátum do kedy musia byť opatrenia zrealizované je 15.5.2014, pričom zodpovedný za dodržanie termínu je Martin Vítek (technolog).



Obr. 37 Snímač prítomnosti vnútorného krúžku

Touto stanicou prejde podľa plánu v tomto roku 846 000 kusov spojových ložísk. Doposiaľ ňou prešlo 352 500 kusov z čoho bolo 353 nepodarkov. Pomocou spomínaných opatrení sa z hodnoty výskytu chýb (4) na linke dostaneme na hodnotu (2), na ktorú pripadá 50 chybných kusov pre plánovaný objem výroby ložísk od zavedenia opatrení. Výrobná cena jedného ložiska je 5 €. Náklady na dané opatrenia sú vyčíslené v hodnote 200 €. V priebehu tohto roka tak ušetríme približne 2220 € na produkcii chybných dielov od zavedenia opatrení.

V nasledujúcom roku prejde podľa plánu touto stanicou 890 000 kusov ložísk, z čoho podľa hodnoty výskytu (2) bude počet chybných kusov 89 vo vzťahu k danému objemu produkcie. Ak by sme pokračovali v produkcii bez daných opatrení, predpokladaný počet chybných kusov by bol 890. V priebehu nasledujúceho roka teda ušetríme na produkcii chybných dielov približne 4005 €.

Uvedené čísla majú len informatívny charakter, pretože vychádzajú z plánovaného objemu produkcie, ktorý sa môže v priebehu meniť. Ich výpovedná hodnota je však pomerne vysoká.

Pre všetky spomínané opatrenia je dôležité, aby sa zamestnanci v prostredí linky cítili čo najlepšie. Dôležité je tiež, aby boli s pracovníkmi uskutočňované porady, na ktorých s nimi budú prechádzané postupy a návrhy zlepšení a naopak, na ktorých budú vypočuté ich pripomienky k procesu výroby, čo môže byť taktiež prínosné. Zamestnancom je dôležité vecne pripomínať užitočnosť a dôležitosť práce, ktorú vykonávajú. Motiváciou im môže byť finančné ohodnotenie aj slovná pochvala.

Jedným z výstupov opatrení pre päť najvýznamnejších príčin chýb je tabuľka (tabuľka č.5) hodnotenia príčin chýb a opatrení, ktorej popis je totožný s tabuľkou číslo štyri z kapitoly päť. V tejto tabuľke môžeme vidieť, ako sa zmenili hodnoty v oblasti RPN s vysokým rizikom po zavedení opatrení. Hodnoty rizík sú graficky zaznamenané v diagrame analýzy rozdielov, ktorá znázorňuje vývoj RPN danej chyby (účinnosť riešení). Je veľmi podobná Paretovej analýze, len je doplnená o nedokončený stav, kedy ešte beží overovanie, a o nový, ukončený stav, ako je znázornené v prílohe 3. Všetky opatrenia sa taktiež zaznamenávajú do matice rizík (obr. 38), ktorá zobrazuje všetky opatrenia vrátane neukončených stavov.

Aj keď sa budeme veľa snažiť, stopercentnú bezporuchovosť výsledných spojkových ložísk pri aplikácii u zákazníkov nie sme schopný zaručiť nikdy. Preto so zákazníkom spolupracujeme, a snažíme sa detailne zaznamenať poruchy vzniknuté priamo u zákazníka a doplniť ich ďalšími okolnosťami, ktoré sa na tejto chybe podieľajú.

Tabuľka 5: Hodnotenie početnosti príčin chýb a opatrení

Typ FMEA: procesná Výrobok: spojkové ložisko Téma FMEA: montážna linka číslo 6.				Oddelenie: kvalita Číslo FMEA: 1.1 Strana: 2/2 Dátum: 25.05.2014			
Závažnosť		Pravdepodobnosť výskytu		Pravdepodobnosť detekcie		RPN	
<u>Hodnota</u>	<u>Počet</u>	<u>Hodnota</u>	<u>Počet</u>	<u>Hodnota</u>	<u>Počet</u>	<u>Hodnota</u>	<u>Počet</u>
1		1	24	1	2	1-25	14
2		2	68	2	11	26-50	38
3		3	13	3	32	51-75	22
4		4	1	4	11	76-90	16
5	9	5		5	21	91-100	6
6	45	6		6	11	101-125	10
7	4	7		7	16	126-150	
8	65	8		8		151-175	
9		9		9		176-200	
10		10		10	2	201-300	

Matica rizik

[illegible]

Obr. 38 Matica rizík po zavedení opatrení

ZÁVER

Cieľmi diplomovej práce bolo spracovať literárnu štúdiu danej problematiky identifikácie chýb vo výrobe ložísk, analyzovať a popísať aktuálny stav výroby, popísať výrobné a meracie body pri výrobe ložísk, identifikovať príčiny chýb vybranou metódou, vybrať a ohodnotiť najvýznamnejšie príčiny chýb a navrhnúť pre ne opatrenia a eliminácie.

Na začiatku tejto diplomovej práce som predstavil a odprezentoval firmu Schaeffler, vďaka ktorej mohla byť táto diplomová práca uskutočnená.

V literárnej štúdii problematiky identifikácie chýb vo výrobe ložísk som sa v najväčšej miere zaoberal metódami FMEA a Poka-Yoke, pretože pomocou metódy FMEA som možné chyby identifikoval, ohodnotil, navrhol opatrenia a vytriedil spomedzi nich tie najzávažnejšie. Pomocou metódy Poka-Yoke som riešil opatrenia pre elimináciu piatich najzávažnejších chýb.

V ďalšej časti diplomovej práce som predstavil a popísal desať častí, z ktorých sa montované spojkové ložisko skladá. V tejto časti som taktiež popísal spojkový systém, do ktorého je ložisko vkladané a rozobral funkciu ložiska v systéme.

Následne som sa venoval podrobnému popisu procesov na všetkých ôsmych častiach linky číslo šesť na segmente N. V tejto časti som ďalej vypísal všetky meracie body, ktoré sa nachádzajú na spojkovom ložisku.

K identifikácii chýb som použil metódu FMEA, pomocou ktorej som podľa stanovených pravidiel spracoval, zhodnotil a usporiadal potenciálne chyby v počte 106, ktoré môžu na linke nastať. Všetky dosiahnuté výsledky a návrhy boli spracované do tabuliek, formulárov a grafov podľa štandardov skupiny Schaeffler.

Spomedzi nich som vybral päť najrizikovejších chýb, ktorých hodnota RPN prekročila nastavenú hranicu zákazníkom ($RPN > 125$). Pre zistenie možných chýb boli využité všetky dostupné prostriedky spoločnosti INA Skalica, prehliadky daných pracovísk, konzultácie so zamestnancami linky a využitie predchádzajúcich skúseností spoločnosti s analyzovaním obdobných produktov.

Navrhnuté opatrenia boli riešené pomocou metódy Poka-Yoke a to úpravou náradia, kontrolou dielov pomocou snímacích prvkov a spínačmi zaisťujúcimi okamžité zastavenie operácie, ako náhle je detekovaná chyba. Všetkých päť opatrení pre najzávažnejšie príčiny vzniku chýb bolo schválených vedením firmy a prebieha testovacia fáza.

Najmä z grafu analýzy rozdielov (príloha 3) môžeme dobre vidieť, že sme sa z oblasti veľkého rizika pred zavedením opatrení, dokázali dostať po zavedení opatrení do oblasti

malého rizika. Vďaka zavedeniu týchto opatrení dokážeme znížiť produkciu nepodarkov, zvýšiť kvalitu vyrábaných dielov a tým šetriť náklady.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV [6]

- [1] *Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Česká společnost pro jakost, 2008, ISBN 978-1-60534-136-1;
- [2] *Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Česká společnost pro jakost, 2001, ISBN 80-02-01476-6
- [3] *Apis FMEA-IQ* [online]. 2013 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.apis.de/en>
- [4] ČSN EN 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů - Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [5] ČSN IEC 61882. *Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studie HAZOP)*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [6] Generátor citací. *Citace.com* [online]. C 2004 – 2014 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>
- [7] GIRMANOVÁ, Lenka, Vojtech MIKLOŠ, Pavol PALFY, Jozef PETRÍK, Andrea SÜTÖOVÁ a Marek ŠOLC. *NÁSTROJE A METÓDY MANAŽÉRSTVA KVALITY*. prvé. Košice: ELFA, s.r.o., 2009. ISBN 978-80-553-0144-0.
- [8] KEŘKOVSKÝ, Miroslav a VYKYPĚL. *Strategické řízení*. Praha: C.H.Beck, 2002. ISBN 80-7179-579-X.
- [9] LANGER, D. *Identifikace a hodnocení chyb na výrobní lince a jejich prevence*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 98 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D.
- [10] LINCZÉNYI a NOVÁKOVÁ. *Manažérstvo kvality*. Bratislava: STU, 2001. ISBN 80-227-1586-7.
- [11] MRÁZOVÁ, Lucia. *FMEA - Analýza možností vzniku chýb a ich následkov*. Trnava, 2004. Diplomová práca. Slovenská technická univerzita v Bratislave.
- [12] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [13] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001, ISBN 80-7226-543-1.
- [14] Poka-Yoke. In: *Methodesqualite* [online]. 2013 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://methodesqualite.wordpress.com/poka-yoke-groupe-mardi/>
- [15] SCHAEFFLER. *Prezentácia INA Skalica spol. s.r.o.* Skalica, 2013.
- [16] SCHAEFFLER SLOVENSKO. *Prezentácia MOVE*. Skalica, 2013.

- [17] Schaeffler Slovensko. SCHAEFFLER SLOVENSKO, spol. s r.o. *Informácie o spoločnosti Schaeffler Slovensko* [online]. 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.schaeffler.sk/content.schaeffler.sk/sk/company/company.jsp>
- [18] SCHAEFFLER SLOVENSKO S.R.O. *Firemné a školiace materiály*. Skalica, 2014.
- [19] SWOT. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/SWOT>

ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV A TABULIEK

ČÍSLO OBRÁZKU	POPIS	STRANA
1.	Logo spoločnosti Schaeffler group [17]	10
2.	Výrobný závod INA Skalica [17]	12
3.	Vypínacie spojkové ložisko [18]	12
4.	Systém MOVE v skupine Schaeffler [16]	13
5.	Časť štruktúry systému prvkov pri výrobe ložiska vypracovaná v programe APIS IQ-FMEA-L	18
6.	Výsek z interného formulára FMEA v spoločnosti Schaeffler group [18]	19
7.	Matica rizík	23
8.	APIS IQ – RM [3]	24
9.	Vzor Paretovej analýzy	25
10.	Vzor analýzy rozdielov	25
11.	Príklad metódy Poka-Yoke	27
12.	Spojkové ložisko ako súčasť systému [18]	32
13.	A,B,C mechanický, hydraulický a polo hydraulický systém [18]	33
14.	Spojkové ložisko uchytené v hliníkovej páke [18]	34
15.	Jednotlivé časti spojkového ložiska [18]	34
16.	Postupnosť výroby celku spojkového ložiska na linke [18]	37
17.	Selekcia ložísk ktoré nespĺňajú požadované parametre	38

18.	Pracovný stôl	38
19.	Stanica pre zalisovanie spojovacieho krúžku, vonkajšieho krúžku a tanierovej pružinky	39
20.	Umiestnenie debničiek do podavačov	40
21.	Stanica pre tukovanie a vkladanie valivých teliesok do kletky	41
22.	Prichytenie tesnenia	41
23.	Zalisovanie vnútorného krúžku	41
24.	Zalisovanie vnútorného krúžku	42
25.	Hydraulický pretlačovací stroj	42
26.	Kontrolná stanica ZELLE 2	43
27.	Kontrolné a baliace pracovisko	43
28.	Matica rizík pred zavedením opatrení	49
29.	Proces postupného ohýbania nožičiek na dva zdvihy (stav pred použitím opatrení) [18]	51
30.	Proces ohnutia nožičiek v jednom cykle na jeden zdvih (stav po zavedení opatrení) [18]	52
31.	Proces po zavedení opatrení	53
32.	Proces pred zavedením opatrení	53
33.	Stav pred zavedením opatrení [18]	54
34.	Stav po zavedení opatrení [18]	54
35.	Stav pred a po zavedení červenej debničky so snímačom	56
36.	Stav pred a po zrealizovaní automatickej stanice	57

37.	Snímač prítomnosti vnútorného krúžku	58
38.	Matica rizík po zavedení opatrení	60
ČÍSLO TABULKY	POPIS	STRANA
1.	Doporučené kritériá pre hodnotenie závažnosti vo FMEA procese [2], [13], [12]	20
2.	Doporučené kritériá hodnotenia výskytu pre FMEA proces [2]	21
3.	Pravdepodobnosť odhalenia výskytu chyby FMEA procesu [11]	21
4.	Hodnotenie početnosti príčin chýb a opatrení	48
5.	Hodnotenie početnosti príčin chýb a opatrení	60

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

OZNAČENIE	NÁZOV
FMEA	Analýza možných spôsobov a dôsledkov chýb.
FMECA	Analýza spôsobov, dôsledkov a kritickosti porúch.
RPN	Rizikové číslo.
POKA-YOKE	Chybu – vzdornosť.
APIS IQ - FMEA	Program pre vytváranie FMEA.
VDA	Združenie automobilového priemyslu.
DIN	Nemecké technické normy.
ČSN	České technické normy.
5S	5 základných pravidiel pre organizáciu usilujúcu sa o zavedenie štíhlej, prehľadnej a čistej výroby.
HAZOP	Metóda pre tímový proces detailného rozpoznávania problémov, ktoré sa týkajú nebezpečenstva a schopnosti prevádzky.
5 STEPS	5 krokov vedúcich k správne zavedeniu a údržbe opatrení.
SWOT	Analýza pre strategické plánovanie, slúžiaca na vyhodnotenie aktuálneho stavu z hľadiska silných a slabých stránok, príležitostí a hrozieb.
7S	Analýza, ktorá pomáha určiť kľúčové faktory úspechu.
MOVE	Interný systém skupiny Schaeffler pre zvýšenie kvality.
TPS	Systém produkcie spoločnosti Toyota.
USA	Spojené Štáty Americké.
atď.	A tak ďalej.

Obr.	Obrázok.
ZELLE 2	Kontrolná stanica linky.
KWU	Kontrolný prístroj.
TARA	Nastavenie váhy porovnávaním.
ISO	Medzinárodná organizácia pre štandardizáciu.
INA	Firma v ktorej bola diplomová práca spracovaná.
LuK	Značka patriaca do koncernu Schaeffler.
FAG	Značka patriaca do koncernu Schaeffler.

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1 – Formulár pre stávajúci stav výroby.

Príloha 2 – Formulár analýzy rozdielov pre montážnu linku číslo 6.

Príloha 3 – Graf analýzy rozdielov.

Reverse P-FMEA, montazne pracovisko (Assembly)

Popis pracoviska:		PRÍLOHA 1		Slovensky		Vstupujúce komponenty (diely)									
EQNr.:				1.diel		2.diel		3.diel		4.diel		5.diel			
Analýzovaný produkt (TPRM)															
1	a	Su ulohy / pracovne kroky POPIŠANÉ / VIZUALIZOVANÉ?		Ano/Ciast./Nie/NA		Ano/Ciast./Nie/NA		Ano/Ciast./Nie/NA		Ano/Ciast./Nie/NA		Ano/Ciast./Nie/NA			
	b	AKO, kde su ulohy popisane?		Vykres/Vizual./Predpis/Ine		Vykres/Vizual./Predpis/Ine		Vykres/Vizual./Predpis/Ine		Vykres/Vizual./Predpis/Ine		Vykres/Vizual./Predpis/Ine			
	c	Je, bolo by PRINOSOM mat ulohy / pracovne kroky POPIŠANÉ / VIZUALIZOVANÉ?		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne			
	d	Može STROJ VYKONAT proces - POHYB funkcných častí do VÝCHODZEJ POZÍCIE, keď je vypnutý (odpojený) od zdroja (elektrina, vzduch, olej...) - a tým ovplyvniť produkt?		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne			
2	a	Može byť inštalovaný PODOBNÝ alebo NESPRÁVNÝ komponent (komponenty)? ZÁVAZNOSŤ:		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne			
	b	Prečo? Popiste _____ Ako môže CLOVEK spôsobiť túto chybu (C)?													
		PRICINY... (napr: _____ Ako môže STROJ spôsobiť túto chybu (S)?													
		_____ Ako môže NARADIE spôsobiť túto chybu (N)?													
		_____ Ako môže MATERIAL ovplyvniť túto chybu (Ma)?													
		_____ Ako môže PROSTREDIE-OKOLIE ovplyvniť túto chybu (P)?													
	c	Je proces TECHNICKY ZABEZPEČENÝ proti tejto chybe? (napr: tvar naradia, snímacie...)		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne			
	d	Ako? (napr: tvar naradia, snímacie...)													
	e	Je FUNKČNÝ REŽIM ZABEZPEČENIA overený?		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne			
	f	Su požadované a ľahko dostupné SKUSOBNE DIELY? (nast. diely, kalibre, ESR-e...)		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne			
	g	AKO CASTO môže dojsť k tejto chybe?		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)			
	h	Existuje metóda (METODY) pre ODHALENIE podobných alebo nesprávnych komponentov?		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť			
i	Popiste FREKVENCIU a DRUH KONTROL(Y) a ukažte, či je detekcia stanicou vykonaná. (napr: 100% kontrola funkčnosti, 100% kontrola hlúcnosti, HK...)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)				
3	a	Može byť NEDODRŽANÁ POČETNOSŤ tých istých DIELOV (komponenty) - VYNECHANÝ / VYPADNUTÝ, VIAC ROVNAKÝCH...? ZÁVAZNOSŤ:		(2) FMEA Nie/Vynechaný/Viac/Obe chyby		(2) FMEA Nie/Vynechaný/Viac/Obe chyby		(2) FMEA Nie/Vynechaný/Viac/Obe chyby		(2) FMEA Nie/Vynechaný/Viac/Obe chyby		(2) FMEA Nie/Vynechaný/Viac/Obe chyby			
	b	Prečo? Popiste _____ Ako môže CLOVEK spôsobiť túto chybu (C)?													
		PRICINY... (napr: _____ Ako môže STROJ spôsobiť túto chybu (S)?													
		_____ Ako môže NARADIE spôsobiť túto chybu (N)?													
		_____ Ako môže MATERIAL ovplyvniť túto chybu (Ma)?													
		_____ Ako môže PROSTREDIE-OKOLIE ovplyvniť túto chybu (P)?													
	c	Je proces TECHNICKY ZABEZPEČENÝ proti tejto chybe? (napr: tvar naradia, snímacie...)		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne			
	d	Ako? (napr: tvar naradia, snímacie...)													
	e	Je FUNKČNÝ REŽIM ZABEZPEČENIA overený?		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne			
	f	Su požadované a ľahko dostupné SKUSOBNE DIELY? (nast. diely, kalibre, ESR-e...)		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne			
	g	AKO CASTO môže dojsť k tejto chybe?		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)			
	h	Ak je nedodržiavaný počet dielov, môže to byť ODHALENÉ?		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť			
i	Popiste FREKVENCIU a DRUH KONTROL(Y) a ukažte, či je detekcia stanicou vykonaná. (napr: 100% kontrola funkčnosti, 100% kontrola hlúcnosti, HK...)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)				
4	a	Može byť komponent INŠTALOVANÝ NESPRÁVNNE (poloha, orientácia dielu)? ZÁVAZNOSŤ:		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne			
	b	AKO? (napr: hore nohami, opacne, SIKMO...)													
	c	Prečo? Popiste _____ Ako môže CLOVEK spôsobiť túto chybu (C)?													
		PRICINY... (napr: _____ Ako môže STROJ spôsobiť túto chybu (S)?													
		_____ Ako môže NARADIE spôsobiť túto chybu (N)?													
		_____ Ako môže MATERIAL ovplyvniť túto chybu (Ma)?													
		_____ Ako môže PROSTREDIE-OKOLIE ovplyvniť túto chybu (P)?													
	d	Je proces TECHNICKY ZABEZPEČENÝ proti tejto chybe? (napr: tvar naradia, snímacie...)		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne			
	e	Ako? (napr: tvar naradia, snímacie...)													
	f	Je FUNKČNÝ REŽIM ZABEZPEČENIA overený?		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne			
	g	Su požadované a ľahko dostupné SKUSOBNE DIELY? (nast. diely, kalibre, ESR-e...)		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne			
	h	AKO CASTO môže dojsť k tejto chybe?		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)			
i	Existuje metóda (METODY) pre ODHALENIE dielov inštalovaných nesprávne?		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť				
j	Popiste FREKVENCIU a DRUH KONTROL(Y) a ukažte, či je detekcia stanicou vykonaná. (napr: 100% kontrola funkčnosti, 100% kontrola hlúcnosti, HK...)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)				

Reverse P-FMEA, montazne pracovisko (Assembly)

Popis pracoviska:		Slovensky		Vstupujúce komponenty (diely)									
EQNr.:		1.diel		2.diel		3.diel		4.diel		5.diel			
Analýzovaný produkt (TPRM)													
5	a	Možu byť komponenty inštalované v nesprávnom PORADI? ZAVAZNOST:		(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne
	b	Poradie KTORYCH DIELOV je dôležité?											
	c	Prečo? Popiste _____ Ako môže CLOVEK spôsobiť túto chybu (C)?											
		PRICINY... (napr: _____ Ako môže STROJ spôsobiť túto chybu (S)?											
		manipulácia s dielom... _____ Ako môže NARADIE spôsobiť túto chybu (N)?											
		_____ Ako môže MATERIAL ovplyvniť túto chybu (Ma)?											
	d	Je proces TECHNICKY ZABEZPEČENÝ proti tejto chybe? (napr: tvar naradia, snímacie...)		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne	
	e	Ako? (napr: tvar naradia, snímacie...)											
	f	Je FUNKČNÝ REŽIM ZABEZPEČENIA overený?		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne	
	g	Su požadované a ľahko dostupné SKUSOBNE DIELY? (nast. diely, kalibre, ESR-e...)		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne	
h	AKO CASTO môže dojsť k tejto chybe?		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		
i	Existuje metóda pre ODHALENIE komponentov, inštalovaných v nesprávnom poradi?		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		
j	Popiste FREKVENCIU a DRUH KONTROL(Y) a ukažte, či je detekcia stanicou vykonaná. (napr: 100% kontrola funkčnosti, 100% kontrola hlučnosti, HK...)												
6	a	Je možné VPAĎNUTIE komponentu (napr: iný diel, nepozadovaný predmet...) DO CELKU a uviaznúť v nom počas montáže? (BONUSOVÝ komponent?) ZAVAZNOST:		(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne
	b	Prečo? Popiste PRICINY _____ Ako môže CLOVEK spôsobiť túto chybu (C)?											
	c	vpadnutia... (napr: _____ Ako môže STROJ spôsobiť túto chybu (S)?											
		nesprávna manipulácia s _____ Ako môže NARADIE spôsobiť túto chybu (N)?											
		dielom... _____ Ako môže MATERIAL ovplyvniť túto chybu (Ma)?											
		_____ Ako môže PROSTREDIE-OKOLIE ovplyvniť túto chybu (P)?											
	d	Je proces TECHNICKY ZABEZPEČENÝ proti tejto chybe? (napr: tvar naradia, snímacie...)		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne	
	e	Ako? (napr: tvar naradia, snímacie...)											
	f	Je FUNKČNÝ REŽIM ZABEZPEČENIA overený?		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne	
	g	Su požadované a ľahko dostupné SKUSOBNE DIELY? (nast. diely, kalibre, ESR-e...)		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne	
h	AKO CASTO môže dojsť k tejto chybe?		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		
i	Existuje metóda pre ODHALENIE komponentov vpadnutých počas montáže?		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		
j	Popiste FREKVENCIU a DRUH KONTROL(Y) a ukažte, či je detekcia stanicou vykonaná. (napr: 100% kontrola funkčnosti, 100% kontrola hlučnosti, HK...)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		
7	a	Môže byť inštalovaný POSKODENÝ diel (diely)?		(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne	(2) FMEA	Ano/Nie/Nerelevantne
	b	AKE POSKODENIE môže mať diel?											
	c	Prečo? Popiste PRICINY _____ Ako môže CLOVEK spôsobiť túto chybu (C)?											
		poškodenia dielu... (napr: _____ Ako môže STROJ spôsobiť túto chybu (S)?											
		dielom, N.I.O. diel od _____ Ako môže NARADIE spôsobiť túto chybu (N)?											
		dodávateľa... _____ Ako môže MATERIAL ovplyvniť túto chybu (Ma)?											
	d	Je proces TECHNICKY ZABEZPEČENÝ proti tejto chybe? (napr: tvar naradia, snímacie...)		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne	
	e	Ako? (napr: tvar naradia, snímacie...)											
	f	Je FUNKČNÝ REŽIM ZABEZPEČENIA overený?		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne		Ano/Nie/Nerelevantne	
	g	Su požadované a ľahko dostupné SKUSOBNE DIELY? (nast. diely, kalibre, ESR-e...)		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne		pozadovane/dostupne/nepozadovane/ne dostupne/nerelevantne	
h	AKO CASTO môže dojsť k tejto chybe?		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)		
i	Existuje metóda pre ODHALENIE poškodených komponentov?		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		V stanicí/V toku/Len vizuálne/zladiť		
j	Popiste FREKVENCIU a DRUH KONTROL(Y) a ukažte, či je detekcia stanicou vykonaná. (napr: 100% kontrola funkčnosti, 100% kontrola hlučnosti, HK...)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)		
8	a	Ovplyvňuje proces PREDPISANÉ PARAMETRE DIELU PO ZMONTOVANÍ? ZAVAZNOST:		(2) FMEA	Nie/Ovplyv. rozmerov/odchýlok tv./drsnoti/estetické chyby/ine	(2) FMEA	Nie/Ovplyv. rozmerov/odchýlok tv./drsnoti/estetické chyby/ine	(2) FMEA	Nie/Ovplyv. rozmerov/odchýlok tv./drsnoti/estetické chyby/ine	(2) FMEA	Nie/Ovplyv. rozmerov/odchýlok tv./drsnoti/estetické chyby/ine	(2) FMEA	Nie/Ovplyv. rozmerov/odchýlok tv./drsnoti/estetické chyby/ine
	b	Ake parametre? (popiste ich... - odstup, vzdialenosť ploch...)											
	c	Prečo? Popiste PRICINY _____ Ako môže CLOVEK spôsobiť túto chybu (C)?											
		OVPLYVNENIA _____ Ako môže STROJ spôsobiť túto chybu (S)?											
d	PARAMETROV... (napr: _____ Ako môže NARADIE spôsobiť túto chybu (N)?												

Reverse P-FMEA, montazne pracovisko (Assembly)

Popis pracoviska:		Príloha 1		Slovensky		Vstupujúce komponenty (diely)									
EQNr.:				1.diel		2.diel		3.diel		4.diel		5.diel			
Analýzovaný produkt (TPRM)															
8	nesprávna manipulácia s dielom, N.I.O. diel od dodávateľa...)		Ako môže MATERIAL ovplyvniť túto chybu (Ma)?												
			Ako môže PROSTREDIE-OKOLIE ovplyvniť túto chybu (Pi)?												
			Ako môže METODA ovplyvniť túto chybu (Me)?												
	d Je proces TECHNICKY ZABEZPEČENÝ proti tejto chybe? (napr: tvar naradia, snímaco...)		Ano/Nie/Nerelevantne												
	e Ako? (napr: tvar naradia, snímaco...)														
	f Je FUNKČNÝ REZIM ZABEZPEČENIA overený?		Ano/Nie/Nerelevantne												
	g Su požadované a ľahko dostupné SKUSOBNE DIELY? (nast. diely, kalibre, ESR e...)		požadované/dostupné/nepožadované/ne dostupné/nerelevantne												
	h AKO CASTO môže dojsť k tejto chybe?		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)												
i Existuje metóda pre ODHALENIE ovplyvnených parametrov?		V stanici/V toku/Len vizuálne/zladiť													
j Popíšte FREKVENCIU a DRUH KONTROL(Y) a ukažte, či je detekcia stanicou vykonaná. (napr: 100% kontrola funkčnosti, 100% kontrola hlúcnosti, HK...)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)													
9	a Boli definované ZNEČISTENIA pre tento diel? (skladovanie dielov, čistota balenia atď.)		(2) FMEA Ano/Nie/Nerelevantne												
	b Aký druh znečistenia môže na pracovisku vzniknúť? (napr: nečistoty z okolia, z obalového materiálu, triesky vznikajúce na pracovisku, tukovanie mimo požadovaných plôch...)														
	c Ako môže CLOVEK spôsobiť túto chybu (C)?														
	Ako môže STROJ spôsobiť túto chybu (S)?														
	Ako môže NARADIE spôsobiť túto chybu (N)?														
	Ako môže MATERIAL ovplyvniť túto chybu (Ma)?														
	Ako môže PROSTREDIE-OKOLIE ovplyvniť túto chybu (Pi)?														
	Ako môže METODA ovplyvniť túto chybu (Me)?														
d AKO CASTO môže dojsť k tejto chybe?		Vyskyt 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (ppm...)													
e Existuje metóda pre ODHALENIE znečistených komponentov?		V stanici/V toku/Len vizuálne/zladiť													
f Popíšte FREKVENCIU a DRUH KONTROL(Y) a ukažte, či je detekcia stanicou vykonaná. (napr: 100% kontrola funkčnosti, 100% kontrola hlúcnosti, HK...)		Det. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (podľa účinnosti)													
Poznámka: Vizualne pomocky, plány, postupy a vizualne kontroly nie sú účinné opatrenia															
CELKOVÉ ZHODNOTENIE Reverse P-FMEA															
Učastníci:		Zapisovateľ: _____ Znalec procesu: _____ Externý auditor: _____ Zabezpečenie kvality: _____ Dalsí: _____		0		0		0		0		0			
		ZABEZPEČENIE je VYSOKO ÚČINNÉ (nerozhoduje ľudský faktor)		Proces ODHALENIE je v rámci oddelenia alebo podniku, ZABEZPEČENIE JE NESPOLAHLIVÉ (ľudský faktor, nepostacujúce technické zabezpečenie...)		ZIADNE alebo VELMI NESPOLAHLIVÉ ODHALENIE, Chybné diely NEBUDÚ ODHALENÉ ďalej v toku, hrozí ich dodanie zákazníkovi									
		- každý z vyššie uvedených faktorov je ÚČINNÉ zabezpečenie		- niektorý z vyššie uvedených faktorov je NEDOSTATOČNÉ alebo NESPOLAHLIVO zabezpečenie		- niektorý z vyššie uvedených faktorov je NESPOLAHLIVO ZABEZPEČENÝ									
Spracované dňa:		27. květen 2014 17:08													
Zapísané do IQ-FMEA dňa:															
Poznámky:															



Analýza rozdielov – PRÍLOHA 2

FMEA formulár pre montážnu linku číslo 6.

Dátum: 12.05.2014

FMEA číslo: 1.1

Strana: 1/5

č.	FMEA formulár	Systémový element	Funkcia	Chybová funkcia	Následky chýb	Príčiny chýb	RPN	Z	V	D	Preventívne opatrenie	Opatrenie detekcie
1.	Montážna linka číslo 6.	Ohnutie nožičiek spojovacieho krúžku na komplet D kedy vznikne nový komplet E.	Dodržať ohnutie nožičiek spojovacieho krúžku.	Nesprávne ohnutá jedna nožička spojovacieho krúžku (na doraz plastového domca).	Interné problémy pri montáži (pri nasledujúcich operáciách).	Opotrebené náradie - uvoľnenie kolíka z ohýbacieho náradia vplyvom vykonávaného procesu.	168	8	3	7	Žiadne.	Stopercentná vzhľadová kontrola po operácii ohýbania.
					Funkcia obmedzená / nezaručená.		(24)	8	1	3	Konštrukčná úprava ohýbacieho náradia – zabránenie samovoľnému uvoľneniu kolíka.	Stopercentná kontrola kamerovým snímačom v automatickej kontrolnej stanici.
											Vitek Martin, S-N, Technológ.	Vitek Martin, S-N, Technológ.



Analýza rozdielov – PRÍLOHA 2

FMEA formulár pre montážnu linku číslo 6.

Dátum: 12.05.2014

FMEA číslo: 1.1

Strana: 2/5

č.	FMEA for- mulár	Systémový element	Funkcia	Chybová funkcia	Následky chýb	Príčiny chýb	RPN	Z	V	D	Preventívne opatrenie	Opatrenie de- tekcie
2.	Montážna lin- ka číslo 6.	Ohnutie noži- čiek spojova- cieho krúžku na komplet D kedy vznikne nový komplet E.	Dodržať ohnutie nožičiek spojo- vacieho krúžku.	Nesprávne ohnuté všetky nožičky spojo- vacieho krúžku (na doraz plas- tového domca).	Interné problé- my pri montáži (pri nasledujú- cich operá- ciách).	Nedodržanie štandardného postupu pri manipulácii s dielmi - vy- nechanie vý- robnej operá- cie.	168	8	3	7	Zaškolenie na pracovnú pozí- ciu.	Stopercentná vzhľadová kon- trola po operá- cii ohýbania.
									Výrobná do- kumentácia.			
					Funkcia obme- dzená / nezaru- čená.					Zaškolenie na pracovnú pozí- ciu.	Stopercentná kontrola kame- rovým sníma- čom v automatickej kontrolnej sta- nici.	
									Konštrukčná úprava ohýba- cieho náradia na nasledujúcej operácii – diel s neohnutými nožičkami nie je možné vložiť do náradia.			
						(48)	8	2	3	Macánek Jozef, S-N, Technológ.	Vitek Martin, S- N, Technológ.	



Analýza rozdielov – PRÍLOHA 2

FMEA formulár pre montážnu linku číslo 6.

Dátum:

12.05.2014

FMEA číslo:

1.1

Strana:

3/5

č.	FMEA for- mulár	Systémový element	Funkcia	Chybová funkcia	Následky chýb	Príčiny chýb	RPN	Z	V	D	Preventívne opatrenie	Opatrenie de- tekcie
3.	Montážna lin- ka číslo 6.	Zalisovanie ta- nierovej pru- žinky a spojo- vacieho krúžku do vonkajšieho krúžku (kom- ponent A).	Dodržať proces lisovania.	Dvakrát zaliso- vaná tanierová pružinka - ne- dodržaná výška zalisovania ta- nierovej pru- žinky.	Nekomfort v priebehu funkčnosti spojky.	Nedodržanie štandardného procesu - opä- tovné spuste- nie stroja (za- lisovanie).	162	6	3	9	Zaškolenie na pracovnú pozí- ciu.	Náhodná vizu- álna kontrola dielu po vyko- naní procesu li- sovania.
					Výrobná do- kumentácia.							
					Životnosť neza- ručená / nedo- siahnutá.		(36)	6	3	2	Zaškolenie na pracovnú pozí- ciu.	Náhodná vizu- álna kontrola dielu po vyko- naní procesu li- sovania.
											Výrobná do- kumentácia.	



Analýza rozdielov – PRÍLOHA 2

FMEA formulár pre montážnu linku číslo 6.

Dátum: 12.05.2014

FMEA číslo: 1.1

Strana: 4/5

č.	FMEA formulár	Systémový element	Funkcia	Chybová funkcia	Následky chýb	Príčiny chýb	RPN	Z	V	D	Preventívne opatrenie	Opatrenie detekcie
4.	Montážna linka číslo 6.	Operácia prvého tukovania obežnej dráhy komponentu B.	Dodržať množstvo tuku.	Bez tuku.	Životnosť nezaručená / nedosiahnutá.	Nesprávna manipulácia s dielom - vynechanie tukovania.	144	6	3	8	Zaškolenie na pracovnú pozíciu. Výrobná dokumentácia. Identifikačná kontrola.	Kontrola tukovania dvakrát za zmenu.
							(18)	6	1	3	Automatická kontrolná stanica s implementovaným automatickým tukovaním a kontrolou. Macánek Jozef, Technológ	Stopercentná kontrola váženním v automatickej kontrolnej stanici. Macánek Jozef, Technológ



Analýza rozdielov – PRÍLOHA 2

FMEA formulár pre montážnu linku číslo 6.

Dátum:

12.05.2014

FMEA číslo:

1.1

Strana:

5/5

č.	FMEA formulár	Systémový element	Funkcia	Chybová funkcia	Následky chýb	Príčiny chýb	RPN	Z	V	D	Preventívne opatrenie	Opatrenie detekcie
5.	Montážna linka číslo 6.	Zalisovanie vnútorného krúžku do kompletu C (komplet D).	Dodržanie počtu dielov.	Chýbajúci vnútorný krúžok.	Interné problémy pri montáži (pri nasledujúcich operáciách).	Nesprávna manipulácia s nezhodným dielom - vynechanie operácie lisovania vonkajšieho krúžku s vnútorným krúžkom.	128	8	4	4	Zaškolenie na pracovnú pozíciu.	Vizuálna kontrola.
					Životnosť nezaručená / nedosiahnutá.		(64)	8	2	4	Zaškolenie na pracovnú pozíciu.	Stopercentná kontrola v kontrolnej stanici.
					Funkcia obmedzená / nezaručená.						Snímač prítomnosti vnútorného krúžku v stanici 5. <i>Vítek Martin, S-N, Technológ</i>	

PRÍLOHA 3

