



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

POUŽITÍ METODY FMEA PRO PREVENCI CHYB V PRŮMYSLVÉM PODNIKU

USING OF FMEA METHOD FOR PREVENTION OF ERRORS IN THE
INDUSTRIAL ENTERPRISE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Milan Veselý

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUBOŠ KOTEK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Milan Veselý

který/která studuje v **magisterském 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:

Použití metody FMEA pro prevenci chyb v průmyslovém podniku

v anglickém jazyce:

Using of FMEA method for prevention of errors in the industrial enterprise

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Prevence chyb je významným způsobem zvyšování efektivity výroby. Základním krokem pro prevenci chyb je jejich identifikace, metoda FMEA je nejčastěji využívaným systematickým nástrojem v této oblasti. Princip této metody je založen na zjišťování způsobů vad a jejich příčin a následků a následném stanovení nápravných opatření.

Cíle diplomové práce:

1. Provést literární rešerši v dané oblasti.
2. Ve vybraném průmyslovém podniku identifikovat vady metodou FMEA.
3. Navrhnout preventivní opatření a zhodnotit jejich účinnost.

Seznam odborné literatury:

1. NENADÁL, J. Moderní systémy řízení jakosti. Praha : Management Press, 1998. 283 s. ISBN 80-7169-955-1.
2. ČSN EN 60812:2007. Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA).
3. MIKULAK, Raymond J., MCDERMOTT, Robin, BEAUREGARD, Michael . The Basics of FMEA. 2nd Edition. [s.l.] : Productivity Press, 2008. 95 s. ISBN 978-1563273773.

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 22.11.2011





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je použití metody FMEA a posouzení rizik ve výrobním procesu firmy Eurokov s.r.o. V teoretické části jsou detailně rozebrány jednotlivé druhy metody FMEA a jejich využití. Praktická část je zaměřena na analýzu současného stavu nejakosti u konkrétního produktu firmy Eurokov s.r.o. Data jsou použita ke zpracování FMEA formuláře a jsou stanovena preventivní opatření pro snížení nejakosti ve výrobním procesu.

Klíčová slova

FMEA, chyby, řízení jakosti, výrobní proces, návrh opatření

ABSTRACT

The subject of this thesis is using of FMEA method and risk assessment in the production process in Eurokov s.r.o. company. In the theoretical part are discussed the detail different types of FMEA and their applications. The practical part is focused on analyze the situation of poor quality for a specific product from Eurokov s.r.o. company. Data is used for application of FMEA form and to specification of precautionary measures for reduction poor quality in the production process.

Key words

FMEA, mistakes, quality management, manufacturing process, draft measure

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VESELÝ, Milan. *Použití metody FMEA pro prevenci chyb v průmyslovém podniku*. Brno 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 51 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Použití metody FMEA pro prevenci chyb v průmyslovém podniku** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Milan Veselý

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce panu Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. za ochotu, cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Děkuji také pracovníkům firmy Eurokov s.r.o. za odborný a vstřícný přístup. Také bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu během studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ	7
OBSAH	8
ÚVOD	10
I LITERÁRNÍ STUDIE	11
1 Úvod do FMEA	11
1.1 Historický vývoj	11
1.2 Popis metody.....	11
1.3 Účel a cíle metody FMEA	12
2 Použití analýzy FMEA/FMECA.....	14
2.1 Vstupní informace pro analýzu.....	14
2.2 Metoda FMEA	15
2.2.1 Použití analýzy.....	15
2.2.2 Aplikace FMEA.....	15
2.2.3 Pracovní list	15
2.3 Metoda FMECA	16
2.3.1 Účel analýzy	16
2.3.2 Kvantitativní stanovení kritičnosti.....	17
2.3.3 Matice kritičnosti	17
3 Rozdělení FMEA	19
3.1 Návrhová a konstrukční FMEA.....	19
3.1.1 Analýza současného stavu	19
3.1.2 Návrh opatření	20
3.1.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření.....	20
3.1.4 Požadavky na formulář FMEA návrhu	21
3.2 Procesní FMEA.....	28
3.2.1 Analýza současného stavu	29
3.2.2 Návrh opatření	29
3.2.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření.....	29
3.2.4 Požadavky na formulář FMEA procesu.....	30
3.3 Systémová FMEA.....	34
3.3.1 Stanovení systémových prvků a systémové struktury	35
3.3.2 Znázornění funkcí a funkční struktury.....	35

3.3.3	Provedení vlastní analýzy	35
3.3.4	Hodnocení rizika	35
3.3.5	Optimalizace systému	36
II	PRAKTICKÁ ČÁST	37
4	Informace o společnosti	37
4.1	Představení	37
4.1.1	Vznik společnosti Eurokov	37
4.1.2	Současná organizace	37
4.1.3	Vnitřní členění společnosti	38
4.2	Výrobní sortiment	39
4.3	Odběratelé	39
4.4	Certifikát ISO 9001	40
5	Aplikace metody FMEA	41
5.1	Přípravná fáze	41
5.1.1	Stanovení procesu a produktu pro analýzu	41
5.1.2	Sestavení FMEA týmu	42
5.1.3	Data a informace o výrobním procesu	42
5.2	Fáze aplikace metody FMEA	45
5.2.1	Analýza současného stavu	45
5.2.2	Návrh opatření	47
	Závěr	48
	Seznam použitých zdrojů	49
	Seznam použitých symbolů a zkratk	50
	SEZNAM PŘÍLOH	51

ÚVOD

Jakost v posledních několika letech pro podniky znamená významnou konkurenční výhodu, podporuje vývoj nových výrobků a technologií a má přímý vliv na chování zákazníků a významně zvyšuje jejich spokojenost. Většina firem působících v České republice už pochopila, že je třeba se neustále zabývat zlepšováním managementu jakosti a že tento systematický přístup zlepšování jakosti je podkladem pro stabilní ekonomický růst všech společností působících na trzích. Důležité také je, aby se podniky zaměřovaly na péči o jakost už v raném stádiu vývoje a návrhu, protože jen tak jsou tyto činnosti spojené s odstraňováním nejakosti ekonomicky výhodné.

Cílem diplomové práce je analyzovat výrobní proces výroby součástí určené pro automobilový průmysl, odhalit úzká místa ve výrobě a navrhnout preventivní opatření ke zlepšení efektivnosti a zvýšení jakosti výroby. Ke zjišťování informací o současné situaci ve firmě bude použit podnikový informační systém, dokumenty od odběratele, vnitropodnikové dokumenty, dále současný stav výroby podobných strojních součástí a v neposlední řadě také rozhovory s jednotlivými pracovníky ve firmě. Výrobní proces bude zmapován po jednotlivých operacích a úsecích s cílem odhalit možné závady včetně jejich příčin a následků. Pro tuto analýzu bude použita metoda FMEA.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na seznámení s analýzou FMEA, její historický vývoj, účel, pochopení použití této metody a její výhody a nevýhody. Dále jsou popsány jednotlivé druhy analýzy, mezi něj patří návrhová a konstrukční, procesní a systémová FMEA.

Praktická část této práce je nejdříve zaměřena na seznámení s podnikem Eurokov s.r.o., na analýzu současného stavu výroby, stanovení procesu výroby pro analýzu a zajištění potřebných dat a informací o klíčové výrobě.

Na závěr je vytvořen formulář FMEA ve kterém jsou sepsány všechny potenciální závady v jednotlivých krocích procesu, jejich příčiny a důsledky. Ve formuláři jsou zvýrazněny závady, které jsou pro tento výrobní proces nejrizikovější. Na tyto závady jsou navržena nápravná opatření, která mají za úkol snížit jejich výskyt nebo zvýšit detekci a zajistit tak výrobu, která bude jakostně na vyšší úrovni.

I LITERÁRNÍ STUDIE

1 ÚVOD DO FMEA

1.1 Historický vývoj

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), v českém překladu analýza možných vad a jejich důsledků, má svůj původ ve vojenském předpisu, který byl vytvořen v listopadu roku 1949. V tomto vývojovém stádiu tato metoda používala techniku hodnocení spolehlivosti, a tím bylo možné posoudit různé poruchy zařízení nebo určitých systémů. Poté se posuzoval vliv na výsledek osob, bezpečnost nebo výkonnost zařízení [4].

V 60. letech tuto myšlenku aplikovala společnost NASA na projekt Apollo 13 a využila ho jako spolehlivostní analýzu složitých systémů v kosmickém výzkumu a jaderné energetice. O 10 let později se poprvé metoda aplikuje na sériovou výrobu projektu Ford Pinto, jako preventivní zajištění výroby. V 80. letech je kompletně zpracována do papírové normy QS9000. FMEA se za posledních 20 let postupně vyvíjela, aplikovala do dalších odvětví, jako jsou letecký průmysl, jaderná energetika a došlo také k rozšíření do netechnických oblastí. Používá se například ve sdělovací technice a od devadesátých let našla své uplatnění také například v lékařských oborech [2,5].

1.2 Popis metody

FMEA se řadí k základním preventivním metodám managementu jakosti a je důležitou součástí přezkoumání návrhu. Je to týmová analýza zkoumající možnosti vzniku neshod u posuzovaného návrhu, zjištění rizikovosti a následné realizaci preventivních opatření, které vedou ke zlepšení jakosti. V týmu FMEA by měli být zastoupeni všichni pracovníci vývoje, technologie, konstrukce, kontroly, výroby, dále útvary řízení jakosti, zásobování, ekonomický útvar a v neposlední řadě také zákaznická sféra, obvykle to bývají pracovníci marketingu. Doporučuje se metodické a organizační řízení týmu zkušenou osobou pro efektivní práci. Výhodou týmové práce je, že podporuje proces myšlení a tím zajišťuje nezbytnou odbornou kvalifikaci [2,3].

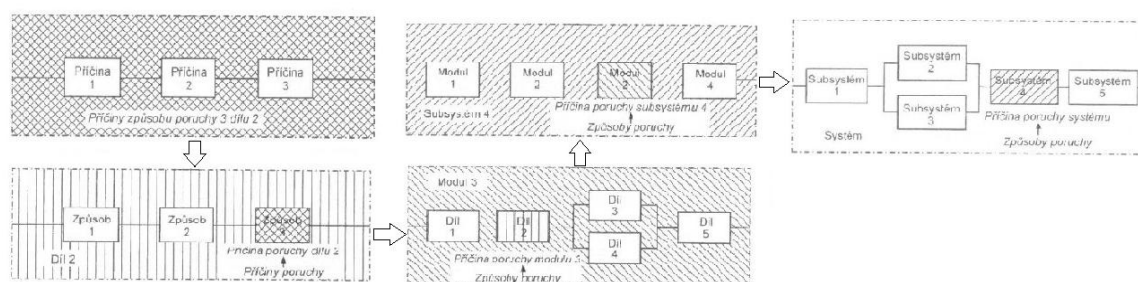
Velmi důležité je načasování analýzy. Pokud se provádí dostatečně brzy v cyklu vývoje a úkoly FMEA včetně očekávaných výsledků jsou začleněny do plánu a harmonogramu, potom je metoda nákladově nejefektivnější. Přednostně se tedy provádí v rané etapě vývoje cyklu, ale není to podmínkou, lze ji aplikovat i na stávající výrobky a procesy [2,3].

Před použitím analýzy FMEA dochází nejdříve k hierarchickému rozčlenění daného systému na jednotlivé prvky. Nejpráhlednější a nejjednodušší je použití blokových diagramů. Při analýze se postupuje směrem od zdola nahoru od prvků na nejnižším stupni. Důsledek způsobu poruchy na nižším stupni se poté může stát příčinou poruchy objektu na vyšším stupni. Tímto způsobem se postupuje, až ke zjištění konečného důsledku na systém (viz. obr. 1.1) [3].

Rozšířením analýzy FMEA je analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch označovaná jako FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis). Spočívá v tom, že jsou v ní zahrnuty prostředky pro zjištění závažnosti poruch tak, aby bylo možné stanovit a aplikovat řádné protiopatření. Klasifikace závažnosti poruch se provádí kombinací četností výskytu a mírou závažnosti, což se této metodě označuje jako kritičnost [3].

Každá analýza FMEA probíhá ve čtyřech etapách:

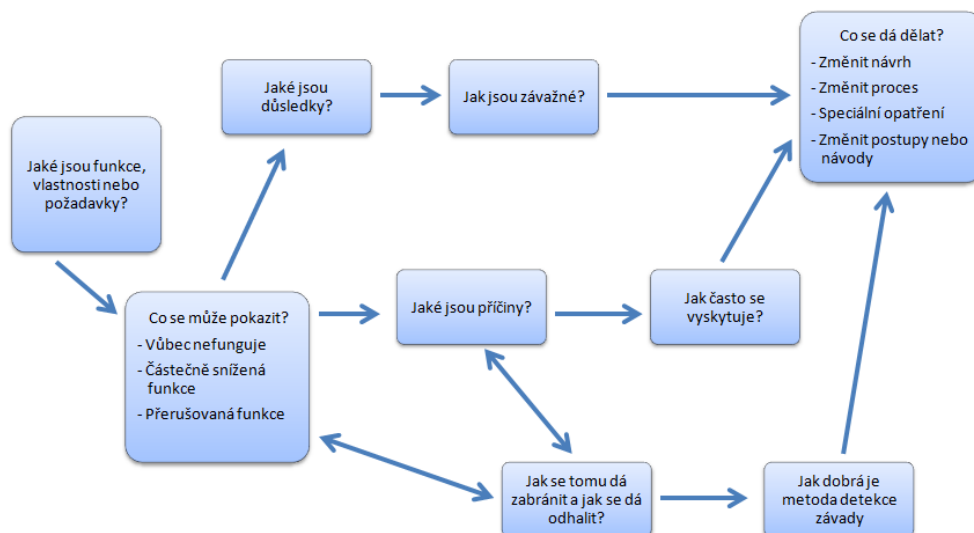
- analýza současného stavu,
- návrh preventivních opatření,
- hodnocení současného stavu,
- hodnocení stavu po zavedení preventivních opatření [2].



Obr. 1.1 Vztah mezi způsoby poruchy a důsledky poruchy v hierarchii systému [3].

1.3 Účel a cíle metody FMEA

Používání metody FMEA je doporučováno normami ISO souboru 9000:2000 a stále častěji je požadováno zákazníky. Zákazníci tak mají jistotu, že jejich výrobce nebo dodavatel posoudil a vyhodnotil všechna rizika spojená s výrobkem, procesem nebo systémem, která mohou vést k selhání. Ze zkušeností vyplývá, že použitím metody FMEA lze odhalit až neuvěřitelných 90% možných neshod. Na obr. 1.2 je zobrazen sled operací FMEA [2].



Obr. 1.2 Sled operací FMEA [6].

• Užití

Jak už bylo řečeno, metoda se nejčastěji používá při zavádění nového výrobku, procesu nebo systému, avšak lze ji aplikovat také na modifikace nebo zlepšení původního systému. Zjišťují se poruchy, které mají nežádoucí důsledky na provoz systému, např. takové, které významně narušují nebo zhoršují provoz nebo dokonce ovlivňují bezpečnost pracovníků. Užívá se také jako nástroj pro zlepšení udržitelnosti celého systému [2,3].

- Cíle

Cíle FMEA se stanovují z požadavků organizace a patří mezi ně hlavně tyto následující:

- bezproblémový náběh sérií,
- kratší doby vývoje,
- dodržování termínů,
- hospodárnější výroba,
- minimalizace rizik záruky na výrobky,
- lepší interní komunikace,
- zvyšování bezpečnosti a spolehlivosti produktů a procesů,
- zajištění know-how [4].

- Výhody [2,4]

- Výsledkem je objektivní vyhodnocení návrhu včetně funkčních požadavků a alternativních návrhů,
- zvyšuje se pravděpodobnost, že závady a následné důsledky budou odhaleny ještě v rané etapě návrhu, či vývoje systému,
- zlepšení jakosti vyráběných produktů, služeb nebo procesů, což má přímý dopad na splnění požadavků smlouvy se zákazníkem,
- některé dílčí montážní sestavy nebo jejich díly mohou být modifikovány a použity pro jiné podobné produkty,
- analýzou je vypracován seznam možných závad, které jsou seřazeny podle hodnoty dopadu na zákazníka a tím se vytváří seznam prioritních návrhů a testů,
- jsou zjištěny dodatečné informace pro podporu vývoje, navrhování a plánování,
- náklady na provedení analýzy FMEA jsou minimální a jsou vyváženy jistotou, že bylo učiněno vše pro bezproblémovou realizaci výrobku, procesu nebo systému,
- je tu také výrazný psychologický efekt, který spočívá v posílení spoluodpovědnosti pracovníků za navrhovaný systém, zlepšuje komunikaci mezi pracovníky a mezi jednotlivými útvary organizace a výrazně tak zlepšuje vztahy mezi lidmi.

- Nevýhody

K hlavním nevýhodám patří hlavně složitost, pracnost a časová náročnost v případě systémů, které jsou složeny z mnoha komponent, mají mnoho funkcí, nebo je metoda aplikována v organizaci poprvé na složitý systém. Je totiž nutné zmapovat velké množství informací o systému, jako je technologie, konstrukce, funkce, provoz, atd. [7].

U velmi propracovaných a složitých systému, je nejslabším článkem člověk, proto se často nahrazuje jinými automaticky řízenými systémy a softwarovými prvky, což ve výsledku nemusí být vždy dobře. Nicméně pomocí FMEA metody lze dostatečně přesně zjistit úzká místa, která jsou nejcitlivější na nepříznivé vlivy činnosti člověka a upřesnit tak další kroky k eliminaci [7].

2 POUŽITÍ ANALÝZY FMEA/FMECA

2.1 Vstupní informace pro analýzu

Před zahájením analýzy je třeba se věnovat podmínkám a řádně a podrobně je vymezit. Je nutné mít k dispozici všechny nezbytné vstupní informace, mezi něž patří hlavně pro jaký účel je analýza FMEA prováděna. K cílům a účelům patří:

- metoda FMEA je vhodným mechanismem pro prokázání bezpečnosti nějakého výrobku, pokud neexistuje nějaká jiná vhodnější metoda,
- objevení kritických prvků v systému, jejich specifikace a vliv na plnění základních funkcí tohoto systému,
- prokázání spolehlivosti analyzovaného systému ještě před provedením závěrečných zkoušek,
- obstarání veškerých informací k optimálnímu návrhu systému i informace o údržbě,
- případně i jiné cíle a účely a jejich kombinace [7].

Mezi další podmínky, které je třeba vymezit před zahájením FMEA analýzy patří:

- Popis systému

Jedná se o použité technologické řešení daného objektu, doplněné o potřebnou dokumentaci: výkresy, schémata, grafy, výsledky zkoušek, atd. [7].

- Funkce a definice prvků v systému

Funkce systému může být jedna, ale ve většině případů jich je více a každá z nich je důsledně analyzována. Je třeba popsat všechny důležité funkce systému a prvků, tak aby bylo možné zkoumat jejich vzájemné působení mezi nimi. Definice musejí být přesné, aby bylo možné zjišťovat závažnosti důsledků při jejich nesplnění [7].

- Členění systému

Rozumí se tím rozčlenění daného systému na menší subsystémy a komponenty, které musejí korespondovat s předchozím bodem. Funkční členění je nutné odlišovat od konstrukčního členění, a to proto, že výrobek jednoho konstrukčního typu může plnit i jiné funkce. Na funkční členění také navazují analýzy spolehlivosti [7].

- Rozhraní systému

Určení hraničních bodů a prvků, kde dochází ke vzájemnému ovlivňování sousedními systémy nebo okolním prostředím, má za cíl vyloučit průniky jevů mezi systémy a aby se např. poruchy neopakovaly několikrát v různých místech [7].

- Údaje o prvcích systému

Je nutné popsat informace o částech systému, a to až do zvolené úrovně stanovené hloubkou analýzy.

- Identifikace prvků (číslo výkresu),
- popis funkce,
- možné poruchy prvků,
- popis důsledků prvků,
- intenzity (pravděpodobnosti) jednotlivých způsobů poruch prvků,
- zdroj informací o intenzitách [7].

2.2 Metoda FMEA

2.2.1 Použití analýzy

FMEA je metoda, která je především určena ke zkoumání závad, které se vyskytují v projektu nebo ve výrobním procesu. Co se týče aplikace, lze s ní zkoumat kategorie systémů, které jsou založeny na různých technologiích. Můžou se sem zahrnout technologie elektrické, mechanické, hydraulické nebo kombinace mezi nimi. Do analýzy FMEA se zahrnují také úvahy o softwaru a výkonnosti lidí, pokud mají na spolehlivost systému výrazný vliv. Metoda se také používá pro analyzování procesů, jako jsou: zdravotnický, výrobní, vývojový, vzdělávací, atd. FMEA procesu se zpracovává s ohledem na konečný cíl procesu a každý krok se uvažuje jako potenciální možnost produkce nežádoucího stavu [3].

2.2.2 Aplikace FMEA

- Aplikace v projektu

Při aplikaci metody FMEA se má v první řadě stanovit za jakým účelem se bude používat. Používá se jako samostatná metoda nebo v řadě případů společně s jinými metodami bezporuchovosti. Potřeba analýzy FMEA je různá a mění se od jednoho projektu k jinému. Požadavky vycházejí z potřeby pochopení chování celého systému nebo zařízení [3].

Metodu je nejvýhodnější aplikovat na stupně nižších úrovní, kde je největší počet zkoumaných prvků a zároveň velká funkční složitost, avšak lze ji aplikovat na všech stupních rozčlenění systému. Snahou je, aby se postupující projekt průběžně aktualizoval společně s tím, jak se návrh v průběhu modifikuje. FMEA se v konečné fázi používá ke kontrole a mohou se s ní stanovit neshody vypracovaného projektu v porovnání s požadovanými předpisy, normami a požadavky zákazníka [3].

Aby byla metoda efektivní, musí se jasně určit místo, kde bude prováděna, dále je důležité předem naplánovat a vyhradit potřebný čas, pracovní síly a jiné nezbytné zdroje. FMEA by se měla soustředit na ty části systému, které jsou nové nebo se používají inovovaným způsobem [3].

- Aplikace na proces

Provedení analýzy pro FMEA procesu vyžaduje:

- přesné vymezení cíle (u složitého procesu rozfázovat na jednotlivé kroky a na výsledky jednotlivých kroků),
- porozumění kroků v procesu,
- pochopení všech potenciálních závad v jednotlivých krocích,
- pochopení důsledků závad, které mohou mít vliv na výsledek procesu,
- porozumění jednotlivých příčin každé závady.

Pokud má proces více výsledků, potom se analýza provádí také více a každá se soustřeďuje na konkrétní specifický výsledek tohoto procesu [3].

2.2.3 Pracovní list

Veškeré podrobnosti analýzy FMEA se zapisují do formuláře v tabulkové formě. Postup této analýzy je sice normalizován, ale rozčlenění konkrétního pracovního listu se může

různě měnit podle požadavků na projekt či proces. Základní formát takového dokumentu je znázorněn v tab. 2.1 [3].

Tab. 2.1 Příklad formátu pracovního listu FMEA [3].

Koncový objekt:	Objekt:	Vypracoval:			
		Datum			
Období provozu:	Revize:	Metoda detekce	Opatření na kompenzaci poruch	Třída závažnosti	Činnost nebo pravděpodobnost výskytu
Odkaz na objekt	Způsob poruchy	Kód způsob poruchy	Možné příčiny poruchy	Místní důsledek	Konečný důsledek
Popis a funkce objektu	Způsob poruchy	Kód způsob poruchy	Možné příčiny poruchy	Místní důsledek	Konečný důsledek
Odkaz na objekt	Způsob poruchy	Kód způsob poruchy	Možné příčiny poruchy	Místní důsledek	Konečný důsledek

Podrobnější postup vypracování dokumentu a veškerých jeho požadavků je popsán v kapitole 3.

2.3 Metoda FMECA

2.3.1 Účel analýzy

Přidané písmeno C do zkratky FMEA značí, že se analýza způsobů poruch rozšiřuje o analýzu kritičnosti. To znamená, že se do formuláře FMEA přidává kvantitativní ukazatel velikosti důsledku způsobu poruch. Je to jakási významnost poruchy, na kterou je třeba se zaměřit a zmírnit nebo odstranit její vliv na systém. Analýza kritičnosti je kombinace závažnosti a pravděpodobnosti výskytu, která kvantifikuje velikost každého důsledku poruchy a pomáhá při rozhodování. Posuzování kritičnosti se rozděluje na dva

hlavní přístupy, a to s použitím čísla priority rizika a pomocí matice kritičnosti. Tyto přístupy jsou popsány v následujících kapitolách 2.3.2 a 2.3.3 [3].

2.3.2 Kvantitativní stanovení kritičnosti

Nejpoužívanější způsob kvantitativního stanovení kritičnosti je zavedení tzv. čísla priority rizika RPN (risk priority number), což je součin tří subjektivních ukazatelů v předem stanoveném časovém intervalu předpokládaným pro analýzu [3].

$$RPN = S \times O \times D$$

Kde: S [-] je bezrozměrné číslo, které hodnotí, s jakou závažností bude daná závada ovlivňovat zákazníka a celý systém,

O [-] určuje pravděpodobnost výskytu způsobu závady v určitém časovém intervalu,

D [-] označuje detekci poruchy, její odhad, že se závada zjistí ještě před tím, než bude mít vliv na systém [3].

Toto vypočtené číslo se poté využívá ke zjištění priority při zaměření se na nejzávažnější způsoby poruch. Cílem je zaměřovat se na takové závady, které mají vysoké hodnoty RPN a na ty, které mají vyšší čísla závažnosti [3].

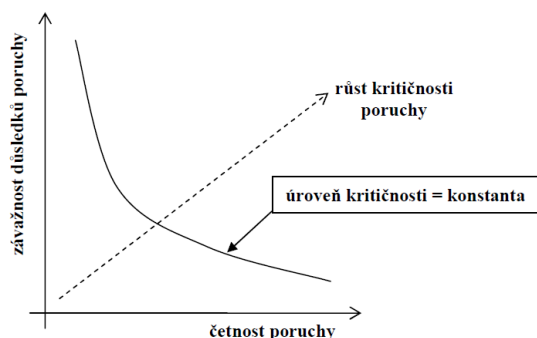
V některých případech není přípustné, aby přijatelné důsledky se zjištěným číslem RPN převyšovaly určitou předepsanou hodnotu, zatímco v jiných případech se klade důraz na vysoká čísla závažnosti bez ohledu na čísla RPN [3].

Stupnice, které jsou přiřazovány k jednotlivým ukazatelům, se mohou v řadě případů měnit. Používají se stupnice od 1 do 4 nebo 5, ale v řadě případů se používá klasická stupnice od 1 do 10. Tabulky s takovými stupnicemi jsou znázorněny v kapitole 3 a podkapitolách: Požadavky na FMEA formulář [3].

2.3.3 Matice kritičnosti

Zjištěné důsledky poruch se zařadí pomocí tabulky 2.2 do příslušné třídy závažnosti. Četnost se stanovuje pomocí dat o poruchách nebo se hodnoty pro konkrétní díly odhadují [3].

Kritičnost zkoumané závady je hodnocení závažnosti důsledku při její četnosti (pravděpodobnosti jejího vzniku). Mezi četností a pravděpodobností platí inverzní vztah. Tzn., že když bude malá pravděpodobnost výskytu poruchy, pak bude i v případech s velkou závažností kritičnost malá. Jak je patrné z obr. 2.1 [7].



Obr. 2.1 Hodnocení kritičnosti poruch [7].

Tab. 2.2 Úroveň závažnosti a její významnost [9].

Třída	Úroveň závažnosti	Následek
IV	Katastrofická	Způsob poruchy, který by mohl potenciálně vést k poruše základních funkcí systému a tudíž způsobit vážnou škodu systému a jeho prostředí nebo zranění osob.
III	Kritická	Způsob poruchy, který by mohl potenciálně vést k poruše základních funkcí systému a tudíž způsobit vážnou škodu systému a jeho prostředí, není však vážnou hrozbou pro život nebo zranění osob.
II	Okrajová	Způsob poruchy, který by mohl potenciálně zhoršit technické parametry (výkonnost) funkce bez znatelné škody na systému nebo hrozby pro život nebo zranění osob.
I	Bezvýznamná	Způsob poruchy, který by mohl potenciálně zhoršit funkce systému, ale nezpůsobí žádné škody systému a není hrozbou pro život nebo zranění osob.

Tab. 2.3 Pravděpodobnost výskytu [9].

Číslo kritičnosti	Pravděpodobnost výskytu	
1 (E)	Nepravděpodobný výskyt	$0 \leq P_i < 0,001$
2 (D)	Velmi slabý výskyt	$0,001 \leq P_i < 0,01$
3 (C)	Občasný výskyt	$0,01 \leq P_i < 0,1$
4 (B)	Pravděpodobný výskyt	$0,1 \leq P_i < 0,2$
5 (A)	Častý výskyt	$P_i \geq 0,2$

Kritičnost lze zapsat do matice kritičnosti, ale je nutné podotknout, že univerzální definice kritičnosti neexistuje. Kritičnost si pracovník, který provádí analýzu definuje sám a je nutné, aby ji přijali a respektovali všichni členové týmu. Přijatelnost rizika se tedy stanovuje subjektivně a řídí se profesionálním rozhodnutím a v různých druzích průmyslových odvětví se značně liší. Matice kritičnosti se sestavuje a vyhodnocuje pomocí zjištěných závažností a četností výskytu. V tab. 2.4 je matice kritičnosti s třídami přijatelnosti rizika a je to v podstatě kombinace dvou předešlých tabulek 2.2 a 2.3 (úroveň závažnosti a její významnost a pravděpodobnost výskytu) [3].

Tab. 2.4 Matice rizika/kritičnosti [3].

Četnost výskytu důsledku poruchy	Úroveň závažnosti			
	I Nevýznamná	II Okrajová	III Kritická	IV Katastrofická
5 – Četný	Nežádoucí	Nepřípustné	Nepřípustné	Nepřípustné
4 – Pravděpodobný	Přípustné	Nežádoucí	Nepřípustné	Nepřípustné
3 – Občasný	Přípustné	Nežádoucí	Nežádoucí	Nepřípustné
2 – Velice slabý	Zanedbatelné	Přípustné	Nežádoucí	Nežádoucí
1 – Nepravděpodobný	Zanedbatelné	Zanedbatelné	Přípustné	Přípustné

3 ROZDĚLENÍ FMEA

3.1 Návrhová a konstrukční FMEA

Pomocí FMEA návrhu a konstrukce se tým snaží odhalit již v první etapě návrhu veškeré nedostatky, který by tento prvotní návrh mohl obsahovat. Cílem je, aby bylo zajištěno co nejúplnější zkoumání konstrukčního návrhu a ještě před jejím schválením realizovat opatření, která by nedostatky a s nimi související příčiny byly eliminovány [2].

Jde o analytickou metodu, používanou technikem, ale ve většině případů celým týmem, který je odpovědný za návrh. Vyhodnocuje se koncový prvek, s ním vztažený systém, podsestava a komponenta. Návrhová FMEA významně podporuje proces navrhování a konstruování tím, že omezuje rizika závad a její příčiny. Např.:

- objektivně vyhodnocuje návrh a její alternativy,
- stanovuje požadavky na výrobu, montáž, servis, recyklování, atd.,
- eliminuje možné způsoby závad a jejich důsledky a výrazně zvyšuje pravděpodobnost, že tyto nežádoucí stavy budou odstraněny již ve fázi vývoje,
- pro plánování, navrhování a vývoj poskytuje doplňující informace,
- po vypracování dokumentace je k dispozici seznam závad a jejich dopady na zákazníka, což vede k systematickému zlepšování návrhu a vývoje,
- do budoucnosti bude pomáhat ke zvládnutí a vypracování složitějších návrhů [6].

3.1.1 Analýza současného stavu

Technik, který je odpovědný za návrh v první řadě musí seznámit všechny členy týmu s požadavky a potřeby zákazníka, s celým výrobkem, jednotlivými díly a jejich funkčními charakteristikami. Tým by měl mít k dispozici řadu dokumentů, které jsou nezbytné k vypracování FMEA návrhu. Dále probíhá celkové zhodnocení záměru návrhu, tzn. jaké se dají od návrhu očekávat přínosy nebo naopak co se od návrhu očekávat nedá [2,6].

Prvním krokem je zpracování blokového schématu analyzovaného systému, který zobrazuje základní vztahy mezi zkoumanými prvky a logicky rozčleňuje rozsáhlé a komplikované systémy. Tým u jednotlivých prvků analyzuje všechny možné vady a neshody, které by se mohly v daném průběhu návrhu na výrobku objevit. Tyto vady se do formuláře FMEA zapisují jako fyzikální jevy a tým se snaží zařadit i specifické vady, které mohou vznikat za výjimečných a zvláštních podmínek v provozu. Dále se hledají a analyzují všechny možné následky a příčiny jednotlivých nalezených vad. Následek vady vzhledem na zákazníka je chápána jako vada, která negativně působí na zákazníka a je třeba ji vnímat jak z hlediska jednotlivých součástí, tak z hlediska celého systému. Jednotlivé příčiny se hledají v nedostacích řešeného návrhu, a to v mnoha případech je velmi komplikované a vyžaduje to náročné zkoumání. V některých případech se proto využívá diagramů příčin a následků [2,4,6,8].

K ověření vhodnosti návrhu se nejčastěji používají různé prototypové a laboratorní zkoušky, testování, matematické nebo fyzikální modelování, což jsou kontrolní metody, které určují vhodnost řešení před uvolněním do výroby. Výskyt vady na výrobku se hodnotí ze tří hledisek. Jsou to:

- závažnost (význam vady),
- pravděpodobnost výskytu vady,
- pravděpodobnost detekce vady.

V případě závažnosti vady se známka určuje podle nejzávažnějšího důsledku způsobu vady, ovlivnění je možné pouze změnou návrhu. U výskytu tým hodnotí, s jakou pravděpodobností se daná vada vyskytne v průběhu plánované životnosti zkoumaného výrobku. Hodnocení pravděpodobnosti detekce vychází z účinnosti kontrolních postupů a k jejímu snížení může dojít,lepší-li se plánované řízení návrhu [2,6].

Pro každou vadu ve formuláři FMEA se nyní vypočte tzv. číslo priority rizika (RPN), což je součin známek závažnosti, pravděpodobnosti výskytu a pravděpodobnosti detekce vady. Tento ukazatel slouží ke zjištění nejrizikovějších vad (ty, které mají největší číslo) [2,6].

3.1.2 Návrh opatření

Snahou týmu je poté u této skupiny nejrizikovějších možných vad zpracovat jakýsi návrh opatření, který by měl rizikovost vad snížit. Obvykle se rizikovost snižuje tak, že se v první řadě tým snaží zaměřit na snížení závažnosti vady. Není to ovšem podmínkou, zásahy mohou směřovat prioritně i na snížení pravděpodobnosti výskytu vady nebo zvýšení pravděpodobnosti detekce. Tým FMEA by měl takto vypracovaný návrh opatření ve finále předložit osobě, která je odpovědná za celý projekt ke schválení. Dále je provedeno přidělení jednotlivých odpovědností za realizaci a stanovení časových termínů [2].

3.1.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření

V tomto období se tým ve stejné sestavě zaměřuje znovu na hodnocení všech tří hledisek a výpočet čísla priority rizika. Všechny nově sepsané známky se přezkoumávají, navrhuje se nová nápravná opatření a analýza se může několikrát zopakovat. Výsledkem by mělo být neustálé zlepšování a zvyšování spokojenosti zákazníků. Důležité je, aby tým používal stejná kritéria hodnocení. Analýza FMEA je živý dokument a jeho úkolem je, aby se poslední stav návrhu vždy opíral o příslušná opatření, která byla navržena.

[illegible]

- Číselné označení FMEA

Slouží k lepší orientaci v dokumentaci a pro snadnější sledování.

- Označení systému, subsystému a komponenty

Členové týmu se v tomto kroku musejí rozhodnout, zda se u zkoumaného objektu jedná o systém, subsystém nebo komponentu. Za systém se dá považovat určitá sestava několika subsystémů a musí zahrnovat všechna vzájemná působení mezi těmito subsystémy. Subsystém je tedy dílčí částí velkého systému. Podobně subsystém se skládá z několika komponent a zaměřuje se na pokrytí vzájemného působení mezi nimi. Nejnižším stupněm je zde komponenta, které v subsystému reprezentují jednotlivé součásti sestavy.

- Odpovědná osoba nebo útvar za návrh

Je-li to nutné, uveďte se i dodavatel.

- Vypracoval

Uveďte osobu, která vypracovala FMEA dokumentaci, popřípadě i podnik tohoto pracovníka a jeho kontakt.

- Model

O jaký se jedná model (ročník), u kterého bude analýza FMEA využita.

- Termín ukončení

Analýzu FMEA je třeba řádně naplánovat, aby datum ukončení FMEA nebylo pozdější než uvolnění tohoto návrhu do výroby.

- Datum

Datum vypracování analýzy a datum konečného zhodnocení (revize).

- Tým řešitelů

Uvedou se všechna jména v týmu FMEA. Doporučuje se uvést i podnik, útvar, adresy a veškeré kontakty těchto odpovědných pracovníků.

- Označení prvku a jeho funkce

U analyzovaného prvku se uvede jeho název a veškeré důležité informace, jako jsou čísla součástky, jeho třída, úroveň návrhu, označení v technické dokumentaci atd. Je nutné uvést srozumitelně, výstižně a stručně funkci zkoumaného prvku. Pokud prvek bude mít více jak jednu funkci, uvádí se každá funkce zvlášť. Případně se uvádí také prostředí, ve kterém se prvek analyzuje (teplota, tlak, vlhkost).

- Možný způsob závady

Do sloupce se zapisuje možný způsob závady systému, subsystému nebo komponenty, jakým by mohl vzniknout při funkci, která byla popsána v předchozím kroku (prvek/funkce). Daná závada může mít vliv na systém vyšší úrovně nebo naopak může mít za následek závadu na některé z komponent na nižší úrovni. Pokud je to možné, vychází se z nějakých dřívějších problémů (např. z podobnosti výrobků a celých sestav). U sepsaných možných závad se předpokládá, že poruchu na systému vyvolat můžou, ale nemusí.

Způsoby poruch lze popisovat z několika hledisek:

- použití systému,
- druh použitých prvků systému,
- režim provozu,
- provozní specifikace,
- vliv prostředí,
- vliv provozu.

Toto jsou základní kategorie, do kterých lze zařadit prakticky všechny typy možných způsobů poruch. Ty by se ve finále měli zapisovat jako fyzikální a technické příznaky (např. prokluzuje, koroze, prasklina, únik, žádný signál, nepřenesl krouticí moment atd.) [3].

- Důsledky závad

Možné důsledky závad mají přímý negativní vliv na zákazníka a ten je vnímá jako závady na funkčnost výrobku. Důsledky závad se popisují tak, jak by je pozoroval a vnímal koncový uživatel.

Rozeznáváme dva základní typy závad:

- Místní důsledky závad

Tato porucha je vztažena na konkrétní prvek v systému. Je to například výhodné při posuzování a hodnocení několika návrhových řešení. V některých případech nemá místní důsledek mimo samotný způsob poruchy žádný vliv [3].

- Důsledky poruch na úrovni systému

Zde se naopak dopad možné závady vyhodnotí na nejvyšším stupni daného systému, pomocí analýz jednotlivých subsystémů a komponent. Koncová závada může být spojená s několika poruchami [3].

Zde jsou některé typické důsledky závad: hluk, zápach, netěsnost, rozpor s předpisem, nevyhovující vzhled, nefunkčnost, atd.

- Klasifikace závažnosti

Závažnost je ohodnocení možných důsledků závad a významně souvisí s funkčností a provozem objektu. Ohodnocení závažnosti se může ovlivnit pouze změnou návrhu nebo jejími revizemi, přičemž závady se závažností 1 nemají žádný vliv na kvalitu nebo provoz finálního objektu. Pro posuzování se používá tabulka 3.2 a tím by se měl předem domluvit, jaká kritéria budou pro známkování podstatná.

Při klasifikaci je nutné zvážit některé faktory, které silně závisí na aplikaci FMEA analýzy. Patří mezi ně:

- vztah mezi závadami a zákazníkem nebo životním prostředím,
- výkonnost finálního objektu (technické parametry),
- požadavky zákazníka,
- bezpečnostní požadavky, vládní nařízení, nebo bezpečnostní pravidla v některých odvětvích průmyslu,
- záruční požadavky [3].

Tab. 3.2 Závažnost způsobů závad [3].

Závažnost	Kritéria	Klasifikace
Žádná	Žádný zjistitelný důsledek.	1
Velmi málo významná	Vadu zpozorují nároční zákazníci (méně jak 25%).	2
Málo významná	Vadu zpozoruje 50% zákazníků.	3
Velmi nízká	Vadu zpozoruje většina zákazníků (více jak 70%).	4
Nízká	Objekt je provozuschopný, ale se sníženými technickými parametry. Zákazník je poněkud nespokojen.	5
Střední	Zákazník je nespokojen.	6
Vysoká	Objekt je provozuschopný, ale se sníženou úrovní technických parametrů. Zákazník je velmi nespokojen.	7
Velmi vysoká	Ztráta základní funkce objektu, není provozuschopný.	8
Nebezpečná s varováním	Velmi vysoká klasifikace závažnosti. Možný způsob závady ovlivňuje bezpečnost zákazníka.	9
Nebezpečná bez varování	Velmi vysoká klasifikace závažnosti. Možný způsob závady – ohrožení na životě.	10

- Klasifikace

Do tohoto sloupce se zapisují specifikace a zvláštnosti objektu, které může považovat tým za důležité. Může se také jednat o zdůraznění způsobů závad výrobků, u kterých je vysoká priorita prověření. Ve většině případů se používají zvláštní symboly, které charakterizují specifikace výrobku nebo procesu (např. vážné, kritické, klíčové), nejsou normou nijak upraveny, a proto záleží na politice podniku.

- Příčiny závad

Tým se snaží popsat nejpravděpodobnější příznaky slabin návrhu potencionálního způsobu závad. Snahou je sepsat rozsáhlý seznam všech možných příčin, které by měly být stručné, přesné a výstižné, aby bylo možné se efektivně zaměřit na příslušné příčiny. Avšak při zjišťování příčin u zkoumaného objektu není vždy nutné popisovat veškeré příčiny závad u všech způsobů poruch. Zjišťování příčin se děje na základě závažnosti důsledků poruch. Je proto nutné, aby příčiny závad byly u závažnějších důsledků způsobů poruch popsány přesněji a rozsáhleji. Nezkušený pracovník, který zpracovává analýzu FMEA totiž může věnovat své úsilí na popis příčin závad, které nemají vliv na kvalitu nebo funkčnost zkoumaného systému. Příčiny poruch se zjišťují na základě podobnosti jiných systémů, nebo se mohou provádět analýzy ve zkušebnách, a pokud neexistuje žádný nový nebo podobný návrh, stanovují se jako názory zkušených pracovníků [3].

Mezi některé příklady příčin závad patří: nedostatečné mazání, přetížení, nesprávný postup, nevhodné tolerance, nevhodná povrchová úprava. Můžou to být ale také některé mechanismy závad: únava, opotřebení, koroze, chemické vlivy, atd.

- Výskyt

Výskyt by se dal definovat jako pravděpodobnost, že se příčina zjištěná v minulém bodě vyskytne v průběhu návrhem uvažované doby života zkoumaného prvku. Pravděpodobnost výskytu má relativní význam a jeho snížení závisí na zvládnutí příčiny způsobu závady (změna návrhu, kontrola systému, přezkoumání návrhu atd.) nebo prevence výskytu.

Četnost a pravděpodobnost výskytu všech způsobů závad se stanovují proto, aby se objektivně posoudily důsledky a kritičnost dané poruchy. Pro správné určení pravděpodobnosti výskytu je nutné brát v úvahu vliv a profil provozu každé součásti. Pravděpodobnost výskytu se ve většině případů odhaduje a tím by se měl zaměřit především na tyto údaje:

- data ze zkoušek životnosti součástí,
- údaje o intenzitách poruch z dostupné databáze,
- data o poruchách v provozu,
- data o poruchách podobných objektů ve stejné třídě [3].

Zároveň by si odpovědný pracovník při zjišťování známky výskytu měl odpovídat na několik otázek. Zde jsou uvedeny některé z nich:

- Je komponenta podobná právě vyráběným součástkám nebo je převzata z dřívějšího systému?
- Jak velké jsou odchylky komponenty oproti původní?
- Změnilo se výrazně použití této komponenty?
- Je komponenta úplně nová?
- Jaký vliv má prostředí na funkci?
- Je nutné provést technické rozbory, tak aby byly zjištěné výskyty pravděpodobnosti správné při daném použití?

Tab. 3.3 Výskyt způsobu poruchy ve vztahu k četnosti a pravděpodobnosti [3].

Výskyt způsobu poruchy	Klasifikace	Četnost	Pravděpodobnost
Velmi slabý: Porucha je nepravděpodobná	1	$\leq 0,010$ na tisíc prvků	$\leq 1 \times 10^{-5}$
Nizký: Poměrně málo poruch	2	0,1 na tisíc prvků	1×10^{-4}
	3	0,5 na tisíc prvků	5×10^{-4}
Střední: Občasné poruchy	4	1 na tisíc prvků	1×10^{-3}
	5	2 na tisíc prvků	2×10^{-3}
	6	5 na tisíc prvků	5×10^{-3}
Vysoký: Opakující se poruchy	7	10 na tisíc prvků	1×10^{-2}
	8	20 na tisíc prvků	2×10^{-2}
Velmi vysoký: Porucha je téměř nevyhnutelná	9	50 na tisíc prvků	5×10^{-2}
	10	≥ 100 na tisíc prvků	$\geq 1 \times 10^{-1}$

Pro stanovování pravděpodobnosti výskytu je nutné, aby se jednotliví pracovníci řídili jednotným systémem kritérií hodnocení a bodování, i když hodnocení výskytu nemusí vždy korespondovat se skutečnou pravděpodobností výskytu (je to relativní známkování). Jako návod pro hodnocení se používá tab. 3.3 s klasifikací od jedné do deseti, přičemž známka 1 je téměř nepravděpodobná.

- Stávající opatření k návrhu

Úkolem je, aby odborní pracovníci vypracovali seznam opatření nebo činností, které budou zavedeny a které budou respektovat navržený systém a budou mít schopnost snížit nebo dokonce zabránit důsledek daného způsobu poruchy. Je nutné se zaměřovat na zlepšování řízení návrhu, jako jsou například:

- matematické studie,
- laboratorní zkoušky,
- testování,
- přezkoumání výrobitelnosti,
- prototypové zkoušky.

Při návrhovacím procesu mohou být některé prvky a jejich funkce objektu opakovaně měněny, nově uspořádány nebo rekonfigurovány podle potřeby. Zjištěné způsoby poruch včetně jejich významnosti a celá analýza FMEA má být v různých etapách aktualizována, v krajních případech celá zopakována [3].

Rozeznáváme dva druhy nástrojů řízení návrhu:

- Prevence

Prevence se dá definovat jako předcházení výskytu závady, snížení četnosti nebo způsobu závady ještě před zahájením a zavedením zkoumaného objektu do výroby.

- Odhalení

Odhalení způsobu závady a její příčiny se děje většinou matematickými nebo fyzikálními metodami a zkouškami, a to před zavedením zkoumaného objektu do výroby.

Z ekonomického a časového hlediska je mnohem výhodnější preferovat prevenci před odhalením. Preventivní opatření jsou začleněna přímo v záměru návrhu a to pozitivně ovlivňuje původní hodnocení pravděpodobnosti výskytu. Potom se detekce závad budou přímo vztahovat k opatřením v návrhu a to povede k odhalení závady.

Pokud se zaměříme na přehlednost formuláře FMEA, potom se doporučuje použít pro stávající opatření k návrhu dva sloupce. Jeden sloupec bude reprezentovat preventivní opatření a druhý sloupec bude pro opatření k odhalení. To ujasní, zjednoduší a zrychlí vizuální potvrzení, že při řízení návrhu byly použity dva druhy nástrojů pro řízení návrhu. Jestliže se takto neučiní a použije se jen jeden sloupec, je nutné, aby se tyto nástroje nějak viditelně odlišily, například nějakým písmenem nebo znakem.

- Detekce závad

Detekce závady se u FMEA návrhu boduje opět na stupnici 1-10 a je to relativní známka. Boduje se podle tab. 3.4 přičemž známka 1 znamená nejlepší opatření k odhalení potenciální příčiny a následného způsobu poruchy. Tzn., že při zlepšení plánovaného řízení návrhu se sníží hodnocení detekce závad. Je opět nezbytné, aby se odpovědní pracovníci dohodli a řídili se stejným důsledným systémem klasifikace pro daný zkoumaný výrobek.

Pracovník je povinen u každého způsobu poruchy stanovit způsob, jakým se daná porucha odhaluje. U FMEA návrhu se závady detekují jako nějaký nedostatek v návrhu pomocí analýz, přezkoumáním, simulací, zkouškou atd. [3].

Tab. 3.4 Hodnocení detekce způsobů závad [3].

Detekce	Kritéria	Klasifikace
Téměř jistá	Je téměř jisté, že při řízení návrhu se bude detekovat potenciální příčina a následný způsob poruchy.	1
Velmi vysoká	Při řízení návrhu je velmi vysoká naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	2
Vysoká	Při řízení návrhu je vysoká naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	3
Středně vysoká	Při řízení návrhu je středně vysoká naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	4
Střední	Při řízení návrhu je střední naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	5
Nízká	Při řízení návrhu je malá naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	6
Velmi nízká	Při řízení návrhu je velmi malá naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	7
Slabá	Při řízení návrhu je slabá naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	8
Velice slabá	Při řízení návrhu je velmi slabá naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	9
Absolutně nejistá	Je téměř jisté, že při řízení návrhu se nebude detekovat potenciální příčina a následný způsob poruchy nebo žádné řízení návrhu neexistuje.	10

- Číslo priority rizika [3]

Tento ukazatel je součinem tří čísel (známek), a to závažnosti, pravděpodobnosti výskytu a detekce.

$$RPN = S \times O \times D$$

Kde: S [-] je bezrozměrné číslo, které hodnotí, s jakou závažností bude daná závada ovlivňovat zákazníka a celý systém,

O [-] určuje pravděpodobnost výskytu způsobu závady v určitém časovém intervalu,

D [-] označuje detekci poruchy, její odhad, že se závada zjistí ještě před tím, než bude mít vliv na systém.

- Doporučená opatření

Cílem týmu je se v první řadě zaměřit na nápravu a snížení vysoké závažnosti, RPN a další položky, které tým označí jako důležité. Mělo by tedy dojít k technickému přezkoumání a připravit projekt k preventivnímu opatření, přičemž známky je nutné snižovat v následujícím pořadí: závažnost, pravděpodobnost výskytu a detekce závad.

Pokud se u některých závad objevuje závažnost se známkou 9 nebo 10 je nezbytně nutné jim věnovat zvláštní pozornost bez ohledu na RPN. U takto vysokých závažností totiž hrozí nebezpečí pro konečného zákazníka a je třeba zavést do návrhu preventivní opatření, aby se závady odstranily omezením příčin. Poté co tým věnoval těmto kritickým místům,

je třeba se zaměřit na další způsoby závad s cílem omezovat závažnost, výskyt a detekci. Největší prioritou při těchto preventivních opatření je zaměřit se na zákazníka a především na jeho spokojenost. Zde jsou uvedeny postupy snižování známek:

- Závažnost

Snížením známky závažnosti docílíme jen revizí návrhu.

- Výskyt

Redukci výskytu se docílí tak, že se tým zaměřuje na odstranění jedné a více příčin způsobu závady.

- Detekce

Snížením této známky se děje jen když se pracovníci zaměří na program, který má zajistit, že návrh a veškeré požadavky budou splněny (validace/verifikace). Zaměření se na tyto činnosti jsou ale méně potřebná, protože neřeší problém závažnosti a výskytu závad.

- Odpovědnost za doporučení

Zde se pouze zapíše osoba nebo nějaká organizační jednotka, která daná doporučená opatření navrhla a je za ně odpovědná. Dále se zapisuje termín realizace tohoto opatření.

- Provedená opatření

Poté, co doporučené opatření proběhlo, se zapíše jeho datum provedení, jeho popis a jaký mělo účinek.

- Výsledek opatření

Po provedení preventivního opatření se opět sepíše jednotlivé známky závažnosti, pravděpodobnosti výskytu a detekce chyb a vypočítá se výsledné číslo priority rizika. Tým musí používat stejná měřítka hodnocení, musí na problém nahlížet stejným způsobem jako před renovací návrhu. Pokud se i přesto v analýze FMEA budou vyskytovat čísla RPN s kritickými hodnotami, tým musí analýzu zopakovat a provedou se nová nezbytná opatření, tak aby se před zahájením výroby neobjevovaly žádné závažné chyby.

3.2 Procesní FMEA

Procesní FMEA by měla přímo navazovat na FMEA konstrukce a návrhu, využívá jejich výsledků a obvykle se zavádí před zahájením výroby. Využívá se při zavádění nových výrobků, inovovaných výrobků nebo při zásadních změnách v technologickém postupu. Příčiny možných vad se u této analýzy nehledají v konstrukčním a návrhovém řešení, jak tomu bylo v předešlé analýze, ale přímo v navrhovaném technologickém postupu [2].

Jedná se o analytickou metodu, která je prováděna pověřenou osobou nebo celým týmem, a ten má za úkol se ujistit, zda byly vzaty v úvahu všechny druhy závad a jejich možné příčiny. Je to tedy souhrn všech poznatků o vývoji procesu včetně jeho prvků a vše je prováděno na základě zkušeností odborných osob nebo zkušeností z minulých procesů. Takovýto přístup potom uspořádává všechny myšlenky tak, jak si jimi technolog při plánování prochází. Mezi hlavní účel procení analýzy patří:

- zkoumání funkcí a požadavků procesů,
- odhalování možných způsobů závad u konečného výrobku a procesu,
- zkoumání důsledků možných závad na zákazníka,

- odhalování možných příčin v procesu a identifikace proměnných v procesu, na které je třeba se zaměřit při omezování závad,
- sestavení seznamu možných způsobů závad, které jsou seřazené podle závažností,
- zavádění úvah o prevenci a opatření k nápravě.

U FMEA procesu nemusí být zákazník vždy konečný uživatel, ale mohou to být také navazující operace (operace výroby, montáže, atd.) [6].

3.2.1 Analýza současného stavu

I u FMEA procesu je důležité, aby se celý tým seznámil se všemi požadavky na zákazníka, s celým zkoumaným procesem a všemi potřebnými dokumenty. Prvním krokem je vypracování postupového diagramu, který má za úkol určit charakteristiky zkoumaného procesu. Potom tým postupně analyzuje operace procesu, identifikuje všechny možné závady, které můžou vést k selhání procesu nebo se přenést na výrobek [2,6].

Po stanovení závad, které se mohou v dané operaci vyskytnout, zkoumá tým působení těchto závad na vnitřního (následující operace nebo pracoviště) a vnějšího (konečný uživatel) zákazníka. Dále se hledají příčiny těchto vad v nedostacích navrhovaného procesu, zkoumají se tzv. stávající způsoby kontroly procesu, což jsou kontrolní postupy, které se používají k detekování příčin [4,8].

Výskyt vady v procesu se opět hodnotí ze tří hledisek. Jsou to:

- závažnost (význam vady),
- pravděpodobnost výskytu vady,
- pravděpodobnost detekce vady.

Hodnocení závažnosti je spojeno opět s nejzávažnějším důsledkem způsobu závady. Pravděpodobnost výskytu závady představuje, s jakou pravděpodobností se daná možná vada vyskytne na výrobku v průběhu analyzované operace a vychází se ze znalosti způsobilosti procesu. U pravděpodobnosti detekce závady se vychází z účinnosti stávajících způsobů kontroly, jejich schopnost odhalit závadu a její příčinu ještě před tím než výrobek opustí danou operaci. Číslo priority rizika se opět jako u FMEA návrhu vypočte jako součin všech tří popsanych hledisek a určí se tak nejrizikovější vady [2,6].

3.2.2 Návrh opatření

Po výpočtu RPN a určení nejrizikovějších závad se tým snaží nejdříve zaměřit na vady s vysokým hodnocením závažnosti a vysoké RPN. Dále je potřeba se zaměřit na snížení pravděpodobnosti výskytu, a to se děje nápravnými opatřeními, zavedením statistické regulace a pravidelného vyhodnocování způsobilosti procesu. Veškerá nápravná opatření by měl tým předložit odpovědnému vedoucímu ke schválení. Dále je provedeno přidělení jednotlivých odpovědností za realizaci a stanovení časových termínů [2,6].

3.2.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Po provedení nápravných opatření se opět členové týmu zaměřují na hodnocení závažnosti, pravděpodobnosti výskytu a detekce všech závad, na která se opatření aplikovala. Zjištěné hodnoty RPN mají za úkol zjistit, jak tyto nápravná opatření byla účinná a podle potřeby odhalit vady, které se opět budou řadit mezi riziková. Analýza se může několikrát opakovat, zlepšovat a snižovat důsledky vad tak, aby konečný stav výrobního procesu a výrobku splňoval všechny požadavky konečného zákazníka [2,6].

[illegible]

- Funkce procesu a jeho požadavky

Zde se uvede popis dané operace nebo procesu, např. jak je uvedeno v technologickém postupu, včetně číselného označení operace analyzovaného kroku (dělení materiálu, soustružení, frézování, vrtání, svařování, atd.). Tým má za úkol přezkoumat příslušnou funkci, bezpečnost, normy životního prostředí, materiál atd. Dále je třeba uvést účel procesu nebo operace a zmínit se o kontrolních procesech (způsob měření, měřené veličiny).

- Možný způsob závady

Tento termín je v tomto případě definován jako možné selhání při plnění požadavků na proces nebo operaci. Příčina může souviset s možným způsobem závady v následující operaci nebo závadou v předcházejícím kroku. Je nutné podotknout, že u vypracování FMEA procesu se uvažuje, že všechny přicházející díly do dané operace jsou v pořádku. Předpokládá se, že daná závada se může, ale také nemusí vyskytnout. Závady se zapisují pro danou operaci ke komponentě, subsystému, systému nebo charakteristikám procesu. Tým by si měl při analýze FMEA procesu pokládat řadu otázek, např.:

- Co se může stát, pokazit při plnění požadavků na dané operaci vzhledem na výrobek?
- Co by konečný zákazník (finální uživatel nebo následující operace) považoval za nežádoucí?

Vychází se opět z porovnání obdobných procesů. Závady se popisují jako fyzikální nebo technické pojmy, jako např.: s otřepy, příliš drsný povrch, deformováno, špatný rozměr, ohnuté, znečištěné, atd.

- Možné důsledky závad

Mají se definovat tak, jak je vnímá koncový zákazník a zda by mohl způsobit neshodu s důležitými předpisy nebo dokonce ohrozit bezpečnost. Pokud bude koncovým zákazníkem koncový uživatel, potom se tyto důsledky mají popisovat jako projevy výkonu výrobku. Např.: špatný vzhled, drsnost, nepříjemný zápach, netěsní, hluk, zmetky, zhoršená funkce. Jestliže bude po operaci následovat další krok procesu, potom se důsledky závad popisují jako dopady na operaci nebo proces. Např.: nedá se obrábět, nedá se montovat, nelícuje, velké opotřebení nástroje, ohrožení bezpečnosti obsluhy.

- Příčiny závad

Cílem je popsat všechny příčiny, kterými může vzniknout daná závada. Vypracuje se jejich seznam, a pokud daná příčina a její náprava má přímý vliv na způsob závady, potom zde práce odpovědné osoby končí. Ve většině případů však k popsání závady nestačí jen jedna příčina a je potom problém zjistit, která má na závadu největší vliv a která se dá nejsnadněji zvládnout. Typickými příčinami závad ve FMEA procesu mohou být: nesprávné tepelné zpracování, nepřesné měření, žádné mazání, opotřeбенý nástroj, poškozený nástroj, nesprávné seřízení stroje, atd.

- Klasifikace závažnost

U FMEA procesu by se měl tým opět domluvit na kritériích hodnocení, protože pro různé procesy se tyto podmínky mohou značně lišit. Příkladem může být tabulka 3.6. Pokud hodnocení závažnosti vybočuje z rámce zkušeností a znalostí technologa je třeba se konzultovat s odpovědným návrhářem nebo technologem následující operace.

Tab 3.6 Kritéria hodnocení závažnosti pro FMEA procesu [3,6].

Důsledek	Kritéria závažnosti důsledku		Známka
	Dopad na zákazníka	Dopad na výrobu	
Kritický, bez výstrahy	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení nebo nesplnění předpisu bez výstrahy.	Může bez výstrahy ohrožovat operátora (stroj nebo sestavu).	10
Kritický, s výstrahou	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení nebo nesplnění předpisu s výstrahou.	Může ohrožovat operátora (stroj nebo sestavu) s výstrahou.	9
Velmi závažný	Prvek nefunkční (ztráta základní funkce).	Musí se 100% výrobků šrotovat, nebo opravit v dílně po dobu delší než 1 hodina.	8
Závažný	Prvek funguje, ale úroveň výkonu je snížena. Zákazník velmi nespokojen.	Musí se část výrobků šrotovat (méně než 100%), nebo opravit v dílně za dobu od ½ do 1 hodiny.	7
Mírný	Prvek funguje, ale položky zajišťující komfort nefungují. Zákazník nespokojen.	Musí se část výrobků šrotovat (méně než 100%) bez třídění, nebo opravit v dílně za dobu kratší než ½ hodiny.	6
Nízký	Prvek funguje, ale prvky podněcující komfort fungují se sníženým výkonem. Zákazník poněkud nespokojen.	Musí se 100% výrobků přepracovat mimo linku a nemusí jít do opravárenské dílny.	5
Velmi nízký	Úprava prvku neodpovídá. Vady si všimne více jak 75% zákazníků.	Výrobek se musí poupravit a část (menší než 100%) se musí přepracovat.	4
Nepatrný	Úprava prvku neodpovídá. Vady si všimne 50% zákazníků.	Musí se část výrobků přepracovat (méně jak 100%) bez šrotování, mimo normální pozici.	3
Zanedbatelný	Úprava prvku neodpovídá. Vady si všimnou kritičtí zákazníci (méně jak 25%).	Musí se část výrobků přepracovat (méně jak 100%) bez šrotování, na normální pozici.	2
Žádný	Žádný znatelný důsledek.	Nepatrná obtíž v operaci nebo pro operátora (žádný dopad).	1

- Výskyt

Je to přiřazení známky k závadě a znázorňuje pravděpodobnost výskytu dané závady. Zmírnění je možné pouze změnou návrhu a procesu. Je to tedy možná četnost závad, které se dají očekávat během operace v procesu. Při hodnocení se vychází ze statistických dat a podobnosti z minulých procesů, a pokud nejsou k dispozici tak se výskyt hodnotí subjektivně. K hodnocení se může použít stejná tabulka jako u FMEA návrhu (viz. tab. 3.3).

- Stávající řízení závady

Je to popis opatření, který zabraňuje nebo zjišťuje výskyt způsobu nebo příčiny závady. Tato opatření zahrnují tzv. nástroje řízení procesu a patří mezi ně mimo jiné: předcházení chybám, statistické řízení procesů, následné hodnocení, atd. Takovéto hodnocení

se provádí v dané operaci nebo operacích následujících. Stejně jako u FMEA návrhu i zde rozeznáváme dva druhy nástrojů řízení:

- Prevence

Zavedení nástrojů řízení, které předchází výskytu příčiny nebo způsobu závady nebo se zaměřuje na snížení pravděpodobnosti jejich výskytu.

- Odhalení

Odhalování je mechanismus zjišťování příčin nebo způsobu závady, který vede k opatřením k nápravě.

Lepší je využívat prevenci, která je integrovaná do záměru procesu, a tím jsou ovlivněny původní známky výskytu. Tyto známky jsou založeny na nástrojích řízení procesu a odhalují příčiny nebo způsoby závad.

• Detekce závad

Tab 3.7 Kritéria hodnocení detekce závad při FMEA procesu [3,6].

Detekce	Kritéria	Druhy kontrol			Návrh rozsahu metod detekce	Známka
		A	B	C		
Téměř vyloučené	Absolutní jistota, že nebude odhaleno.			X	Nedá se odhalit nebo se nekontroluje.	10
Velmi nepravděpodobné	Nástroje řízení závadu pravděpodobně neodhalí.			X	Řízení se provádí jen nepřímo nebo náhodnými kontrolami.	9
Nepravděpodobné	Nástroje řízení mají malou šanci závadu odhalit.			X	Řízení se provádí jen vizuální kontrolou.	8
Velmi nízká pravděpodobnost	Nástroje řízení mají malou šanci závadu odhalit.			X	Řízení se provádí jen dvojí vizuální kontrolou.	7
Nízká pravděpodobnost	Nástroje řízení mohou odhalit.		X	X	Řízení se provádí pomocí diagramů.	6
Mírná pravděpodobnost	Nástroje řízení mohou odhalit.		X		Řízení se opírá o měření, když součásti opustily pracoviště, nebo kontrolu kalibrem 100% když opustily pracoviště.	5
Poněkud vyšší pravděpodobnost	Nástroje řízení mají dobrou šanci odhalit.	X	X		Detekce chyb v následujících operacích, nebo kontrola kalibrem prováděná po seřízení a kontrola prvního kusu.	4
Vysoká pravděpodobnost	Nástroje řízení mají dobrou šanci odhalit.	X	X		Detekce závad na pracovišti nebo v následujících operacích vícenásobnými přejímkami. Nedají se převzít neshodné součásti.	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	Nástroje řízení téměř jistě odhalí.	X	X		Detekce závad na pracovišti (automatické měření s automatickým pozastavením). Nemůže propustit neshodné díly.	2
Téměř jistota	Nástroje řízení odhalí s jistotou.	X			Neshodné součásti se nedají vyrobit, protože prvek byl návrhem procesu proti vzniku závad zajištěn.	1

A: zajištěno proti chybám B: kontrola kalibrem C: ruční kontrola

Je to ohodnocení přiřazené nejlepšímu opatření k detekci, které jsou sepsány v dokumentu FMEA. Ohodnocení detekce závady vychází ze schopnosti nástrojů řízení procesu odhalit

závadu. Náhodné kontroly většinou neodhalí izolovanou vadu, ale měly by ovlivňovat známku detekce závad (statistický výběr je platný nástroj k detekci). V tabulce 3.7 je vodítko k hodnocení detekce závad.

- Doporučená opatření

Platí zde stejný postup jako u FMEA návrhu, nejdříve se tým zaměřuje na známky s vysokou závažností, poté na závady s vysokým RPN a poté na další závady s cílem omezit postupně závažnost, výskyt a detekci. Zde jsou uvedeny postupy snižování známek:

- Závažnost

Snížením známky závažnosti docílíme jen revizí návrhu a procesu.

- Výskyt

Neustále se věnovat prevenci a zlepšování procesu s použitím statistických metod a zajistit zpětnou vazbu k příslušným činnostem.

- Detekce

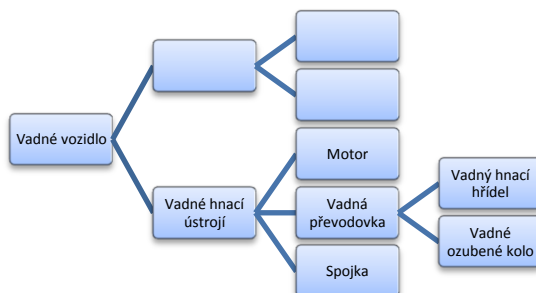
Zlepšování odhalitelnosti závad je ve většině případů velmi nákladné a neefektivní. Také zpřísnění a zvýšení četnosti kontrolních činností není vždy vhodné a mělo by sloužit jen jako dočasné opatření. Pro zvýšení hodnocení může dojít u změny současného systému řízení nebo například změnou návrhu nebo procesu součástky.

3.3 Systémová FMEA

U FMEA systému se uplatňuje stejný postup jako u předešlých popsanych metodách. FMEA návrhu a procesu jsou vlastně její součástí rozšířené o další kroky. Prvním krokem je rozdělení (strukturování) daného systému na jednotlivé prvky a popsání jejich funkční závislosti mezi nimi. Dále se zjišťují jaké možné závady (jejich chybné funkce) prvků by mohly ve zkoumaném systému nastat. Nutné je potom zjistit možné následky a příčiny poruch, které se zjišťují z logického řetězení souvisejících chybných funkcí různých prvků. Systémová FMEA se využívá jako nástroj na vývoj produktu nebo plánování procesu [9].

- Systémová FMEA produktu

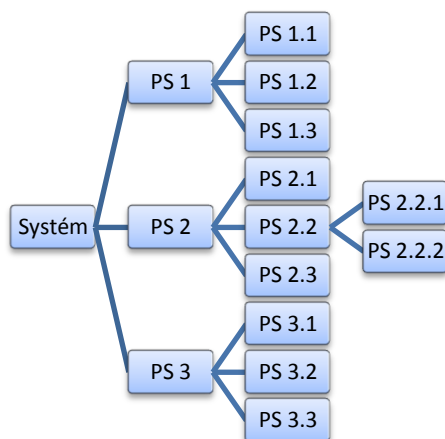
Tato analýza v podstatě zkoumá funkčnost celého produktu (převodovka, chladicí zařízení, atd), který je rozčleněn na jednotlivé díly. Zkoumá možnosti a funkčnost jednotlivých dílů do hloubky až na začátek hierarchického rozčlenění. Potom jsou jednotlivé díly analyzovány pomocí FMEA konstrukce. Systémová FMEA se může použít i jako analýza výrobního procesu (postup výroby, montáže, logistiky, dopravy) [9].



Obr. 3.8 Příklad rozčlenění systému u systémové FMEA produktu [9].

- Systémová FMEA procesu

Tato analýza využívá k popisu a rozčlenění jednotlivé účastníky všech prvků zkoumaného systému. Jsou to tzv. 4M mezi něž patří: Mensch (člověk), Maschine (stroj), Material (materiál), Mitwelt (prostředí). [9].



Obr. 3.9 Příklad rozčlenění systému na prvky v systémové FMEA procesu [9].

3.3.1 Stanovení systémových prvků a systémové struktury

Při zpracování FMEA systému je zapotřebí nejdříve zpracovat a rozčlenit systém na systémové prvky, které jsou uspořádány do systémové struktury. Vzniká tak uspořádání jednotlivých systémových prvků do různých hierarchických úrovní. Také se popisují stávající propojení těchto prvků (prvky, které spolu souvisí) [4,9].

Hloubka analýzy se nedá obecně stanovit, vytváření takové struktury se liší v závislosti na několika faktorech. Obecně však platí, že dosáhne-li analýza v určitém stupni zajištění chybných funkcí tohoto systému, potom se analýza hlouběji nezpracovává [4,8].

3.3.2 Znázornění funkcí a funkční struktury

Jednotlivé systémové prvky plní ve zkoumaném systému určité funkce a úlohy. Funkční struktura se stanovuje pomocí sledování vstupujících, vystupujících a vnitřní funkce [9].

3.3.3 Provedení vlastní analýzy

Po stanovení jednotlivých prvků v systému se provádí analýza možných vad na těchto prvcích, které jsou odvozeny od jejich známé funkce. Popisují se tedy vadné funkce prvků v systému. Stanovení možných příčin závady funkce jsou podřazené vadné prvky a jejich funkce v systému. U těchto stanovených možných příčin se stanovuje pravděpodobnost výskytu závady podle tabulky 3.3. Analogicky jsou důsledky závady funkce u zkoumaného prvku vadné nadřazené prvky a jejich funkce v systému a u nich se hodnotí závažnost podle tabulky 3.2. Na závěr jsou sepsána všechna stávající preventivní opatření, u nichž se hodnotí pravděpodobnost detekce možné příčiny závady podle tabulky 3.4 [4,9].

3.3.4 Hodnocení rizika

Zde je stejný postup jako u předešlých analýz, spočítá se číslo priority rizika RPN jako součin významu, pravděpodobnosti výskytu a pravděpodobnosti detekce závady.

3.3.5 Optimalizace systému

Optimalizací systému se rozumí navrhnutí nápravných nebo preventivních opatření, které by se měly aplikovat na možné závady s vysokým číslem priority rizika. Také se nesmí zapomenout na optimalizaci a zavedení nezbytných opatření u takových možných závad, které mají vysoké hodnocení závažnosti. Ty by se měly minimalizovat nebo v lepším případě vyloučit. Tyto opatření jsou navrhnutá, aplikována a následně se provádí nové zhodnocení, porovnání a stanovení nových hodnot čísel priority rizika [4,8].

II PRAKTICKÁ ČÁST

4 INFORMACE O SPOLEČNOSTI

4.1 Představení

4.1.1 Vznik společnosti Eurokov

Firma vznikla v prosinci roku 1993, jako společnost, která se zaměřovala na výrobu strojních součástí, většinou kusové výroby. V této době byly zakoupeny dva kusy obráběcích strojů SARY 60 CNC a firma zaměstnávala pouze čtyři zaměstnance. Výrobní sortiment byl tvořen výhradně hřídeli do automatických praček německé firmy AEG. V dalším roce byly dokoupeny další dva stroje stejné výroby a počet zaměstnanců narostl na dvanáct a obrát dosahoval k 9 milionům korun. V následujících několika letech se firma rozšiřovala a nakoupila osm vysoce kvalitních Japonských CNC strojů Mazak, které dodnes vlastní. Firma se kolem roku 1998 dostala do pozice, kdy se nemohla nadále rozvíjet, a proto se musela přesunout do nových prostor. Potýkala se hlavně s nedostatkem výrobního místa a nedostatkem skladových prostor.

4.1.2 Současná organizace

V roce 2000 byla firma nucena z kapacitních důvodů zahájit výstavbu nové výrobní haly s předpokládanou kapacitou až 90 pracovníků. Tento výrobní závod byl dostavěn v roce 2002 v Kunštátě na Moravě. Také byl přistavěn sklad hutního materiálu a další rozšíření včetně zastřešení venkovního prostoru. Firma se v současné době zabývá výrobou přesných strojírenských dílců, obrábění výkovků od kusové a malosériové výroby až po sériové zakázky. Zákazníky jsou v dnešní době české strojírenské firmy a firmy ze států EU. Velkou část produkce firma exportuje do Německa, Francie, Švýcarska, Maďarska, ale v poslední době roste podíl výroby pro tuzemské odběratele [1].



Obr. 4.1 Výrobní hala [1].

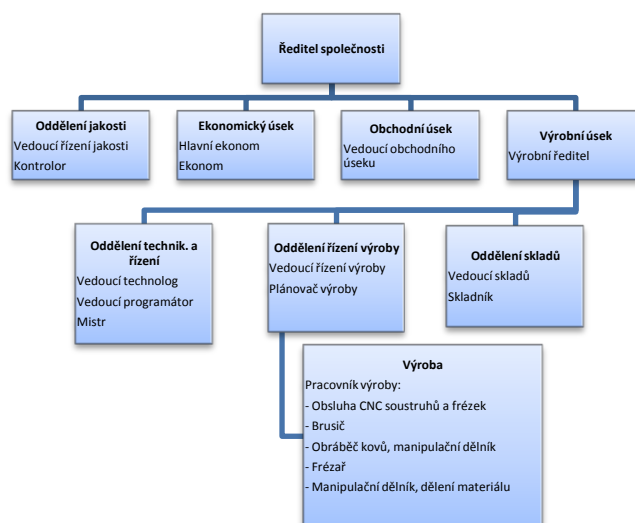
Tab. 4.1 Údaje o firmě Eurokov s.r.o.

Právní forma	s.r.o.
Počet pracovníků	68
Obrat	80 mil.
Obor	strojírenství
Charakter provozovaných procesů	výroba
Firma vlastní certifikát ISO 9001 - systém managementu jakosti	ano
Firma vlastní certifikát ISO 14001 - systém managementu životního prostředí	ne
Firma vlastní certifikát ISO 18001 - systém managementu bezpečnosti práce	ne
Firma vlastní certifikát ISO 27000 - systém managementu bezpečnost informací	ne

Koncem roku 2008 se vlivem finanční krize firma ocitla v tíživé situaci, která pokračovala i v roce 2009. Odběratelé začali bilancovat své zásoby a snižovat zakázky. To se zejména projevovalo u velkých odběratelů. Ve firmě byla snaha zhodnotit zásoby jak materiálové tak nedokončené výroby a hotových výrobků. Následně došlo k výraznému snížení stavu zaměstnanců. Nedocházelo k dalšímu rozvoji firmy a došlo k zastavení téměř veškerých investic. Situace se začala zlepšovat znovu od 2. čtvrtletí roku 2010. V současné době je stav na úrovni roku 2008. Došlo částečně ke změně sortimentu výroby a zvýšil se podíl práce ve mzdě.

4.1.3 Vnitřní členění společnosti

S 68 zaměstnanci se firma Eurokov řadí mezi malé až středně velké podniky. Její struktura je jednoduchá s cílem vysoce zefektivnit všechny probíhající činnosti. Firma má jednu výrobní halu a toto hospodářské středisko je řízeno dvěma vrcholovými pracovníky (ředitel organizace a výrobní ředitel), kteří jsou zároveň majiteli a jednateli firmy. Řediteli společnosti jsou podřízeni všichni účastníci uvedení v jednotlivých částech organizace (výrobní ředitel, vedoucí ekonomického, obchodního odboru a odboru řízení jakosti). Organizační struktura je znázorněna na obr. 4.2.



Obr. 4.2 Organizační struktura společnosti.

4.2 Výrobní sortiment

Firma Eurokov se výhradně zabývá výrobou součástkové základny třískovým obráběním na CNC soustruzích a frézkách. Společnost neprovádí žádné montážní práce a nezabývá se ani vlastním vývojovým programem. Veškeré informace o výrobku získává firma od zákazníka formou konstrukční dokumentace (výkresu), případně i jiné požadavky, které jsou specifikované v objednávce.

Eurokov dodává strojírenské komponenty do tří rozhodujících odvětví:

- hřídele pro automatické pračky,
- díly pro automobilový průmysl,
- díly pro ostatní strojírenská odvětví.

Hlavním výrobním programem firmy je výroba přesných hřídelovitých součástí určených pro pohon automatických praček předních světových výrobců, který tvoří 35 % výrobního programu. Dále vyrábí díly pro automobilový průmysl a tvoří dalších 30 % produkce. Jedná se především o subdodávky zahraničním firmám, které jsou dodavatelé sestav pro automobilky. Eurokov zpracovává i řadu jiných dílů, jsou to různé výkovky, hliníkové odlitky a hliníkové díly pro pneumatické systémy, díly do elektromotorů vysokozdvížných vozíků, hřídele pro vysokootáčková vřetena textilních strojů, díly pro zemědělské stroje a řada dalších. Tyto výrobky tvoří zbytek výrobního programu.

Ve výrobních procesech je ale částečně využíváno nákupu služeb od externích společností. Jedná se především o kalení, popouštění, pokovení součástí nebo frézování. Firma těmto externím procesům věnuje velkou pozornost, a proto k realizaci těchto činností využívá firem, které jsou schopné kvalitně daný proces zvládnout. Jednotlivé činnosti a jejich provádění mimo firmu jsou kontrolovány a monitorovány odpovědnými zaměstnanci firmy.



Obr. 4.3 Ukázka výrobního programu firmy [1].

4.3 Odběratelé

V posledních letech firmě vzrostl podíl výroby pro české odběratele, mezi než patří hlavně tyto firmy:

- Letovické strojírny, s.r.o.

Je to firma s dlouholetou tradicí, její hlavní produkcí jsou zemědělské stroje.

- Primus CE, s.r.o.

Sortiment výroby Primusu zahrnuje profesionální prádelenskou techniku. Firma byla založena v Belgii a je špičkou na trhu v celé Evropě.

- JULI Motorenwerk, s.r.o.

Je předním výrobcem manipulační techniky.

Dále společnost Eurokov vyváží své výrobky ve velkém množství do zahraničí:

- Ritter Leichtmetallgus GmbH
- Florence & Peillon
- ADAcast Leichtmetallgießerei GmbH
- Maxon Motor
- Metaluform
- Continental TEVES

4.4 Certifikát ISO 9001

Firma Eurokov s.r.o. vlastní certifikát ISO 9001, který umožňuje prokázat své kvality ve výrobě a distribuci produktů s nezbytnými potřebami konečného zákazníka. Díky této normě firma získala nové odběratele a výrazně tak zvýšila důvěryhodnost těchto koncových zákazníků. Mezi další výhody tohoto certifikátu patří:

- vzrůst konkurenceschopnosti na trhu,
- orientace na dlouhodobý zisk s ohledem na bezpečnost práce a hlavně kvalitu produkce,
- zlepšení ve všech činnostech (systém řízení, zdokonalení organizační struktury),
- pružná reakce na změnu na trhu (zavedení nové výroby, nové technologie, změna v organizační struktuře),
- všechny předešlé body vedou ke zvyšování spokojenosti zákazníka.

5 APLIKACE METODY FMEA

5.1 Přípravná fáze

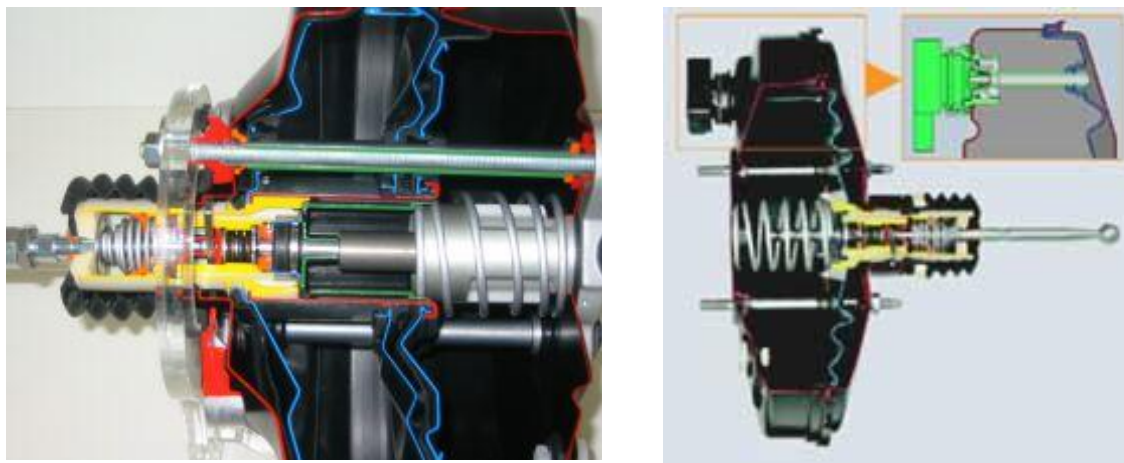
5.1.1 Stanovení procesu a produktu pro analýzu

Součást, která bude v podniku analyzována metodou FMEA je velmi důležitým dílem hydraulického posilovače brzd (viz. obr. 5.1) a je proto nutné, aby vzhledem k povaze této výroby byly dodržovány všechny parametry, které zákazník požaduje. Odběratelem je společnost Continental TEVES, který má sídlo i v České republice v Jičíně a je jeden z důležitých dodavatelů dílů pro automobilový průmysl. Zabývá se výrobou náhradních dílů, brzdových systémů a dílů brzd a všechny její produkty musejí garantova v prvním případě bezpečnost a vysokou kvalitu výroby. Tato společnost klade důraz na to, aby všichni její dodavatelé dodržovali předepsanou jakost strojních výrobků, ale také dodací termíny všech zakázek.



Obr. 5.1 Součást pro analýzu FMEA.

Ve firmě Eurokov s.r.o. se vyrábí několik modifikací této součásti a u všech těchto dílů je pro společnost Continental TEVES nutný požadavek na analýzu FMEA procesu výroby. Společnost má tak záruku, že všechny její produkty pro automobilový průmysl budou mít požadovanou bezpečnost provozu a že jednotlivé díly nebudou vykazovat vadnou funkci. Na obr. 5.2 je pro ilustraci znázorněn posilovač brzd a její řez, který je vyroben ve společnosti Continental TEVES.



Obr. 5.2 Posilovač brzd firmy Continental TEVES [10].

5.1.2 Sestavení FMEA týmu

Před prováděním vlastní analýzy FMEA procesu bylo nejdříve nutné vše prodiskutovat s vedoucím výroby. Jednalo se zejména o seznámení s výrobním výkresem a s technologickým postupem součásti. Z pohledu mé práce je však nejdůležitějším úsekem právě kontrolní pracoviště a její vedoucí, který koordinuje všechny kontrolní činnosti ve firmě. Poté bylo nutné spolupracovat s dalšími klíčovými úseky, jako je plánování a řízení výroby a v neposlední řadě bylo také nutné získávat informace od jednotlivých pracovníků na strojích a ručních pracovištích. Jelikož se ve výrobním procesu objevuje také povrchová úprava součásti, která se provádí u externí organizace, bylo nezbytné vše prodiskutovat s osobou zabývající se touto problematikou.

5.1.3 Data a informace o výrobním procesu

Podrobný technologický postup výroby součásti Kolben SL je popsán v příloze 2 a její výkres je vložen do přílohy 1. V následujících odstavcích jsou popsány jednotlivé procesy probíhající při výrobě tohoto dílce.

- Polotovary

Součást je vyrobena z hliníku Al 6262 a polotovary o průměru 25 mm v délce tří metrů jsou dodávány od externí společnosti. Hliníkové tyče není nutné dělit na jednotlivé součásti s přídavkem, protože výrobní stroje zhotovující tento díl jsou vybaveny podavači polotovarů. Odpadá tak velmi zdoluhavá příprava řezání polotovarů a i samotné obrábění je efektivnější, protože odpadají některé činnosti obsluhy se zakládáním a upínáním jednotlivých polotovarů.

- Soustružení a vrtání

Prvním procesem při výrobě součásti je soustružení a vrtání na stroji Nakamura WT-150 (viz. obr. 5.3), kde se z polotovaru obrobí téměř celý výrobek s přídavky na broušení včetně vyvrtaných děr. Stroj má masivní konstrukci z litiny s jemným zrnem. Nakamura WT-150 je osmiosé CNC soustružnické a frézovací centrum se dvěma vřeteny. Jedna revolverová hlava je umístěna nad hlavním vřetenem, druhá pod protivřetenem. Stroj je vybaven podavačem polotovarů a jeho obsluha tak není příliš obtížná a výroba těchto součástí je proto velmi efektivní. Taktéž automatické odebrání hotového kusu je řešeno manipulátorem tak, že oba revolvery mohou současně po dobu odebrání výrobku současně obrábět na hlavním vřetenu. Cyklus odebrání hotového kusu tak neovlivňuje čas obrábění [1].



Obr. 5.3 CNC soustružnicko-frézovací centrum Nakamura WT-150 s podavačem polotovarů.

- Broušení

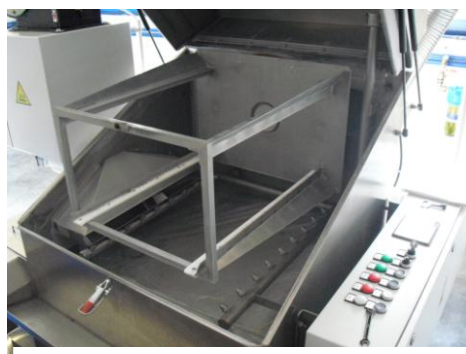
Broušení hotového dílce probíhá na hrotové brusce BUAJ 30 CNC (viz. obr. 5.4). Na součásti se brousí dva průměry a to: $\varnothing 17d8$ a $\varnothing 23,81_{-0,077}^{-0,052}$ s předepsanou drsností povrchu Rz 8. Tato bruska je určena k opracování vnějších válcových ploch zapichovacím a podélným způsobem. Má vysokou teplotní stabilitu a je vybaven řídicím systémem FAUNUC 210i s přídavným PC. Rozlišovací schopnost os je 0,0001mm [1].



Obr. 5.4 Hrotová bruska BUAJ 30 CNC.

- Praní dílů

Před povrchovou úpravou se provádí čištění a odmašťování dílců v průmyslové pračce s ohřevem. Toto zařízení je koncipováno k očištění malých a citlivých strojních součástí opatřenými otvory. Průmyslová pračka (viz. obr. 5.5) je vybavena veškerým příslušenstvím. Patří mezi ně pojízdný vozík ke snadnějšímu plnění a košík, do něhož se vloží hotové díly a proloží se speciálními proložkami. Koš s díly se vloží do držáku v průmyslové pračce, který je otočný a zaručuje tak důkladné očištění všech dílů včetně všech jejich děr. Zařízení je schopno pracovat v několika pracích programech i s ohřevem a po dokončení procesu praní dokáže očištěné díly i vysušit.



Obr. 5.5 Průmyslová pračka a její příslušenství.

- Povrchová úprava

Po důkladném očištění a odmaštění výrobků dochází u externí společnosti k eloxování povrchové vrstvy hotových dílců. Tento proces se provádí v lázni, kde hotové dílce jsou zapojeny jako anoda (+). V kyselém prostředí dochází u dílců současně k rozpouštění oxidační vrstvy a k vytváření nové oxidační vrstvy, která je výrazně tvrdší a chemicky odolnější než původní vrstva na povrchu hliníku. Tloušťka vrstvy se u těchto dílců pohybuje okolo 2 nm a na povrchu se také tvoří jemná struktura pórů, která má příznivý vliv na zvyšující se adhezi a výrazně tak zvyšuje příjem maziva.

- Manipulace s výrobky

Před tím, než jsou pracovníci zařazeni do výroby, jsou dostatečně poučeni a zaškoleni tak, aby s hotovými, ale i s nedokončenými výrobky zacházeli šetrně a používali k uložení a přepravě speciální přepravky a proložky (viz. obr. 5.6) uzpůsobené na míru přesně pro tyto díly.

Manipulaci s přepravními paletami rovněž provádí vyškolený pracovník a jeho povinností je také udržovat na pracovišti pořádek, aby nedocházelo ke kolizím s překážkami.



Obr. 5.6 Manipulační přepravky s proložkami uzpůsobené na Kolben SL.

- Proces kontroly

Proces kontroly a její řízení je pro firmu Eurokov s.r.o. velmi důležitý a věnuje jí velkou pozornost. V první řadě je celý výrobní proces každé optimální výrobní dávky zaznamenán do dokumentu, tzv. průvodka výrobní dávky, kde jsou zaznamenány všechny operace. Každý pracovník, který vyrobí určitý počet kusů, se vždy запиše pod příslušnou operaci a vše zaznamená do informačního systému firmy. Je tak zaručena hlavní odpovědnost pracovníků za provedenou práci a také zaručuje, aby pracovník nezanedbával své povinnosti, které jsou spojené s mezioperační kontrolou. U stroje Nakamura WT-150 se kontroluje každý první, pátý a dále každý desátý kus, u hrotové brusky se BUAJ 30 CNC se kontroluje každý kus. Postup kontroly tím však nekončí. Ve firmě je zavedena také kontrola od odpovědného pracovníka, který náhodně kontroluje vyrobené kusy a taktéž se zapisuje do průvodky výrobní dávky. Při kontrole se používá kvalitních měřících pomůcek, které jsou často kontrolovány a kalibrovány. Některé měřící zařízení jsou vypsána v technologickém postupu výroby v příloze 2. Před praním dílů je první

vizuální kontrola všech dílů, kde se zjišťují případná povrchová poškození. Stejná kontrola je zavedena i po dokončení povrchové úpravy, kde se rovněž kontroluje 100 % výrobků.

Celý proces kontroly zaručuje, že se k odběrateli dostane jen málo výrobků, které nesplňují náročné podmínky na jakost.

5.2 Fáze aplikace metody FMEA

Pro sestavení formuláře FMEA byly použity veškeré informace ze současné zkušební výroby tohoto dílce, i z výroby podobných typových výrobků a taktéž informace z jednotlivých hlášení o neshodách, které byly zaznamenány v minulých letech. Informace o neshodných výrobcích jsou nejdříve zaznamenávány do průvodky výrobní dávky a poté jsou vloženy do informačního systému firmy s příslušným počtem neshodných kusů v dané operaci. Do průvodky výrobní dávky se však nezapisují konkrétní vady, ani příčiny vzniku těchto vad a jejich následky, proto bylo nutné vše prodiskutovat s vedoucím kontrolního pracoviště, výrobním ředitelem firmy a jednotlivými pracovníky, kteří se podíleli na výrobě.

Společnost Continental TEVES si stanovuje u dílců vyráběných ve firmě Eurokov horní hranici čísla priority rizika na 125, aby si zaručila kvalitní výrobky svých brzdových systémů.

5.2.1 Analýza současného stavu

V následujících odstavcích budou popsány jednotlivé vady, které se ve firmě nejčastěji objevují v jednotlivých operacích a na které je potřeba se zaměřit a doporučit nápravná opatření s cílem snížit výskyt těchto vad a zvýšit detekci. Podrobně zpracovaný formulář FMEA je v příloze 3.

- Příjem materiálu

Při příjmu materiálu může dojít k významnému pochybení pracovníka na skladě materiálu nebo při nepozornosti obsluhy u soustružnicko-frézovacího centra. Jedná se zejména o záměnu polotovaru, nesprávného označení materiálu nebo záměnu štítku na polotovaru. Tyto vady jsou sice ojedinělé, jak je patrné z formuláře FMEA, ale jejich detekce je velmi nízká a závažnost je vysoká, proto je třeba se na tyto vady zaměřit a eliminovat je.

- Soustružení a vrtání

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, při obrábění na soustružnicko-frézovacím centru je součástka v jedné operaci kompletně opracována, včetně vyvrtaných děr. Je proto velmi pravděpodobné, že právě v této operaci dojde k výskytu závad, které mohou následně zapříčinit nevhodnou funkci součástky nebo při odhalení u odběratele reklamaci celé zakázky. Obecně je třeba se zaměřit na nedodržování délkových rozměrů a rozměrů průměrů včetně nedodržení předepsaných tolerancí nebo nedodržení sousosti průměru se základnou. Dále je třeba se zaměřit podle výsledku FMEA analýzy na vrtání otvoru s průměrem 11 mm, který je dále dotvořen kulovou frézou. Zde je velmi slabé místo v procesu výroby této součástky, kde je nutné dodržet i požadovanou drsnost povrchu. Téměř veškeré chyby vyskytující se v této operaci jsou zapříčiněny chybou obsluhy. Tyto pochybení můžou vycházet z malé soustředěnosti nebo lhostejnosti věnovat se práci. Je proto nutné zde zavést nápravná opatření s důrazem zaměřením se na komunikaci s těmito pracovníky.

- Broušení

Při broušení může dojít k poměrně závažným chybám. Je to v první řadě nedodržení rozměru a předepsané tolerance a nedodržení souososti průměrů se základnou. Tyto potenciální vady mohou mít závažné důsledky na funkčnost součástky. Broušení je proces, který je třeba obsadit zkušenou osobou, která nebude podceňovat své povinnosti. Tyto vady jsou totiž zapříčiněny chybou obsluhy.

- Praní dílů

Při praní dílů v průmyslové pračce se sice vyskytují potenciální vady, ovšem jejich vliv na celkovou jakost výrobní dávky není velký. Mezi tyto potenciální chyby jsou zařazeny hlavně poškození povrchu a znečištění dílů. Jejich příčiny mohou být například v nevhodné manipulaci, ve znečištěných přepravkách nebo v použití nesprávného programu praní a nevhodných pracích prostředků. Práce na průmyslové pračce však není nijak náročná a pracovníci jsou před zařazením do pracovního procesu v tomto směru řádně zaškoleni, je jim jasně řečeno jaký program praní mají používat a jak mají správně a šetrně výrobky do průmyslové pračky ukládat.

- Povrchová úprava

Jak již bylo řečeno, povrchová úprava hliníkových výrobků probíhá u externí společnosti a v průběhu několika let se zde objevilo několik vad, jejichž četnost je téměř nepatrná, ovšem detekce těchto závad je obtížnější, jelikož firma Eurokov nemá prostředky k měření těchto závad. Jedná se hlavně o nedodržení tloušťky vrstvy eloxu nebo nedodržení jeho tvrdosti, jejichž příčiny jsou v nesprávně nastavených parametrech při této povrchové úpravě. Kontrola těchto vad probíhá v externí laboratoři, ale četnost kontrol je v této době nevyhovující.

- Manipulace s výrobky

Manipulace s výrobky probíhá v celém procesu výroby součástí. Ve formuláři FMEA je vada způsobená nevhodnou manipulací pojmenována jako poškození povrchu, do níž se mohou zařadit i následující vady: potlučení výrobku, naražená hrana, poškozené čelo, poškrábání povrchu, atd. Tyto vady poškození povrchu se objevují ve všech operacích a jejich úsecích spojené s touto komponentou. Jedná se zejména o vyjímání výrobků ze strojů, ukládání do přepravních palet, při kontrolách, při praní dílů a povrchové úpravě. Tyto vady jsou sice docela časté a mohou ve výsledku ovlivnit funkčnost součástí, ale jejich detekce je velmi vysoká už jen proto, že všichni pracovníci jsou o manipulaci s výrobky dostatečně poučeni a také proto, že ve výrobním procesu jsou zahrnuty dvě vizuální kontroly se 100% četností.

- Proces kontroly

Při procesu kontroly může samozřejmě opět dojít k poškození povrchu při nesprávné manipulaci s výrobkem, což je popsáno v předchozím odstavci. Další vada, která se potenciálně může vyskytnout je špatný rozměr, který není zapříčiněn špatnou výrobou, ale nesprávně zkalibrovaným měřidlem. Tato vada je ovšem velice ojedinělá a její detekce je zajištěna častými kontrolami všech používaných měřidel a jejich kalibrací. Při vizuálních kontrolách však může dojít k pochybení pracovníka, což může mít za následek přehlédnutí vady vlivem špatného osvětlení nebo zhoršeného zraku pracovníka.

5.2.2 Návrh opatření

Uskladnění a výdej materiálu není ve firmě Eurokov nijak řízen, a proto v některých případech dochází k jeho záměně. Jako nápravné opatření by bylo vhodné pověřit osobu, která bude zodpovědná za uskladnění materiálu, jeho viditelné označení na vhodném místě a poté jeho výdej k dalšímu zpracování. Cílem by mělo být podstatné snížení výskytu vad tohoto lidského opomenutí.

U procesů soustružení, vrtání a broušení byla nápravná opatření zaměřena v první řadě na snižování výskytu. Jelikož se v těchto operacích vyskytují převážně závady, které jsou způsobeny pochybením obsluhy stroje, je třeba se zaměřit na jednotlivé pracovníky. Ke zlepšení stavu jakosti vyráběných součástí by měla přispět větší pozornost při vykonávání práce a větší zodpovědnost pracovníků. Je třeba jim zajistit vhodné pracovní podmínky, pravidelně s těmito pracovníky komunikovat, plánovat časté porady, naslouchat jejím názorům a návrhům. Důležitá je také jejich motivace (finanční odměny, chvála, uznání), neustále zaměstnance poučovat o důležitosti jejich práce. V druhé řadě by bylo třeba se zaměřit na zvyšování detekce těchto vad. Vhodným prostředkem by mohlo být zavedení statistického řízení procesů (SPC - Statistical Process Control). Toto řízení kvality produktu má největší přínos při hromadné výrobě a při výrobě, kde jsou kladeny vysoké požadavky na přesnost. Proto je vhodným prostředkem pro monitorování právě těchto operací a pro detekci odchylek při opracování průměrů i délkových rozměrů. Prostřednictvím tohoto řízení kvality může operátor reagovat v reálném čase na odchylky, které ve výrobě mohou nastat. Pomocí zjištěných odchylek potom obsluha stroje provádí změnu nastavení stroje, výměnu nástroje, optimalizuje řezné podmínky nebo jiné úkony, které vedou k udržení odchylek v povolených mezích. Návratnost investic vložených do procesu statického řízení se dá v tuto chvíli těžko odhadnout, ale může se pohybovat v řádech měsíců. Další nápravná opatření, která byla navržena, jsou častější dohled kontrolního pracovníka, v některých případech optimalizace řezných podmínek za účelem zvýšení trvanlivosti nástroje. Další je proměření součástí při její destrukci, jelikož na součásti jsou taková místa, která nelze v normálních podmínkách řádně proměřit.

Další navržená opatření se týkají operace povrchové úpravy u závad nedodržená tvrdost a tloušťka eloxu. Jediná možnost je zavedení měření těchto parametrů u externí organizace, a to při náběhu sériové výroby a poté 1x ročně.

Velmi důležitým návrhem pro monitorování nejakosti ve firmě Eurokov je zaznamenávání konkrétních vnitropodnikových závad do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamací. Stejně tak je zapotřebí po ukončení procesu zaznamenat všechny reklamační připomínky v souvislosti s chybnými znaky tohoto produktu. Cílem je identifikovat konkrétní vady a jejich četnost výskytu, což při zpracování analýzy FMEA nebylo k dispozici. Správně a poctivě vypracovaný dokument obsahující konkrétní vady, chyby a veškeré reklamace od zákazníka může výrazně pomoci při stanovování postupů, jak na vzniklou neshodnou práci reagovat a těmto neshodám předcházet.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo odhalení rizikových míst ve výrobním procesu součásti určené pro automobilový průmysl, kde je nutný požadavek na analýzu FMEA procesu. Pomocí této metody se tedy měl analyzovat současný stav nejakosti ve strojírenském podniku Eurokov s.r.o., nalézt závady vyskytující se ve výrobním procesu, zjistit hlavní příčiny a důsledky těchto neshod a navrhnout účinná nápravná opatření, která povedou ke snížení zmetkovitosti, snížení nákladů spojených s výrobou a zefektivnění celého výrobního procesu.

Pomocí získaných informací z informačního systému firmy a dalších dokumentů, včetně rozhovorů se zaměstnanci firmy, hlavně konzultacemi s pracovníky kontrolního pracoviště byl vypracován seznam nejdůležitějších závad vyskytující se ve společnosti Eurokov. Poté byl rozebrán technologický postup výroby součásti a podle jeho struktury byl vytvořen formulář FMEA, ve kterém jsou vyznačena riziková místa rozčleněná na dvě prioritní skupiny.

Z výsledků analýzy FMEA vyplývá, že zásadní oblastí, na kterou je třeba se důkladně zaměřit je zkvalitnění pracovních sil ve společnosti. Zásadní změny by se měly tedy orientovat na samotné pracovníky, které je nutno neustále motivovat k důsledné a spolehlivé práci. Podle analýzy je patrné, že většina chyb vyskytující se ve firmě, je právě způsobena pochybením zaměstnanců, kteří si dostatečně neplní své povinnosti. Vedení podniku a management jakosti by tedy měl ve společnosti zavést nové prvky, které by měly všechny pracovníky vést k zodpovědné práci s cílem zvýšit jakost výrobků a produktivitu práce.

Při provádění analýzy a zkoumání nejakosti v minulých letech také vyplynulo, že by bylo žádoucí do tohoto, ale i jiných procesů zavést monitorování pomocí statického řízení. Ve firmě totiž existuje řada výrobků, které se vyrábějí v sériových zakázkách, kde je potom daleko větší přínos a návratnost investic je poté mnohem kratší. Reakce operátora v reálném čase taktéž zvyšuje efektivnost všech činností prováděných ve výrobních procesech.

Důležité je také podotknout, že veškerá nápravná opatření jsou navržena tak, že se orientují převážně na snížení výskytu a v některých případech na zvýšení detekce závad. Co se týče závažnosti závad, nelze ji vzhledem k důležitosti této součástky nijak ovlivnit. Známkování závažnosti je sice velmi subjektivní názor, ale na součástku bylo pohlíženo jako na velmi důležitou komponentu v hydraulickém posilovači brzd a nesplnění funkce této součástky by mohlo vést i k selhání tohoto systému.

Při navrhování nápravných opatření byly vzaty v úvahu také změny v konstrukci analyzované součásti, které by měly vést ke snížení nebo odstranění některých závad. Jakékoliv rozměrové a tvarové změny na součásti však nejsou možné, protože by to muselo vést ke změnám v celé sestavě hydraulického posilovače brzd a na takovéto kroky by společnost Continental TEVES nepřistoupila.

S ohledem na časovou náročnost nebylo možné ve firmě Eurokov s.r.o. implementovat a ověřit tak účinnost všech navržených nápravných opatření před termínem odevzdání této práce.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Eurokov. O firmě. *Eurokov.cz* [online]. [cit. 2012-02-03]. Dostupné z: <http://www.eurokov.cz/>
2. NENADAL, Karel. *Moderní systémy řízení jakosti. Quality Management*. Praha: Management Press, 1998. ISBN 80-859-4363-8.
3. ČSN EN 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů - Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha: Český normalizační institut, Leden 2007. 44 s. Třídící znak 01 0675.
4. ZEMAN, Martin. *Zavedení metody FMEA do podniku Störi Mantel s.r.o.*. Zlín, 2010. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství.
5. *FMEA*. In: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. Poslední změna 29.12. 2011 2011-8-21 [cit. 2011-11-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/FMEA>.
6. *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA)*. Česká společnost pro jakost, 2001. 72 s. ISBN 80-02-01476-6.
7. FAMFULÍK, J., MÍKOVÁ, J., KRZYŽANEK, R. *TEORIE ÚDRŽBY: učební text*. [online]. Studijní materiály pro studijní obor Dopravní technika Fakulty strojní. Ostrava: VŠB-TUO. 2007 [cit. 2012-02-03]. Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~krz011/>
8. PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001, ISBN 80-7226-543-1.
9. *Metoda FMEA* [online]. [cit. 2012-01-24]. Dostupné z: <http://www.komora-khk.cz/business/documents/?soubor=moduly/5-jakost/12-neustale-zlepsovani/12-2-fmea.pdf>
10. KOVÁŘ, Jindřich. *Doplňková činnost*. In: *Střední škola zahradnická a technická* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: http://www.szat.cz/technicke-obory/doplňkova_cinnost.php

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Český název	Anglický název
FMEA	Analýza způsobů a důsledků poruch	Failure Mode and Effects Analysis
FMECA	Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch	Failure mode, effects, and criticality analysis
NASA	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku	National Aeronautics and Space Administration
RPN	Číslo priority rizika	Risk Priority Number
SPC	Statické řízení procesu	Statistical Process Control

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti
Příloha 2	Technologický postup výroby
Příloha 3	Formulář s analýzou FMEA

PŘÍLOHA 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

PŘÍLOHA 2

TECHNOLOGICKÝ POSTUP

- 1 -

EUROKOV, s.r.o.
IČ : 49454234

úterý 6 březen 2012 07:50
[TRM : 105, IDK : JV, UCI : APP]

Název	: Kolben SL-03.3342-2355.1	***** * V 24 001 *****
-------	----------------------------	------------------------------

Varianta	: 2006002	Kmen. dílna	: V01	Op. dávka	: 525
Vých. mater.	: Hliník 25-/Al 6262/	Množství	: 0,097	M 01 098	
Rozměr. nor.	: Al 6262	Referent	:		
Jakost. nor.	: Al 6262	Skl.jednotka	: KG	Sklad	:

Op.	Us.	Prac.	Dílna	TT	Tzp	Tz-----	Komponenty,přípravky	Množ.
10	10	WT 150	V01	T1	0	3,5	M 01 098 Hliník 25-/Al 6262/ N 01 SA 108 DCGX 11 T3 08 AL-H10 N 02 00 002 Nůž stranový (Pivoňka)	0,097 1 1
		Upne tyč do kleštiny, zarovná čelo						
	20	Soustruží vnější tvar kužel 0.4-0.25x30° 17+0.03 do L=51.3 23.81+0.03					N 01 SA 108 DCGX 11 T3 08 AL-H10 N 02 00 002 Nůž stranový (Pivoňka)	1 1 1
	30	Vrtá otvor 13.5					N 05 00 071 Vrták 13.5	1
	35	Předvrtává 11+0.3						
	40	Vrtá otvor 11+0.3;R=3.55+0.1 L=28.4+0.01-0.05 L=15.7+0.025-0.065					S 01 011 Tvarová fréza /continental/	1
	50	Soustruží zápich 15+1 š=1.4+0.1, kužel 15° sražení 30° na L=1.7max						
	55	Navrtá 3xpod 1.5 /odjehlení/					N 09 00 011 Odjehlovací fréza Garant 20737	1
	60	Přepne do protivřetene						
	70	Zarovná čelo na L=69+-0.2					N 01 SA 106 TCGX 16 T3 08-AL H10 N 03 SA 082 STGCR 2525 M16	1 1
	80	Soustruží vnější tvar 14.27-0.07 14.3+0.06-0.09					N 01 SA 175 MAFR 3010 1025 N 03 SA 103 SMALR 1616 K 3	1 1
	90	Vrtá otvor 7.5 do L=11+1						

TECHNOLOGICKÝ POSTUP

- 2 -

EUROKOV, s.r.o.
IČ : 49454234

úterý 6 březen 2012 07:50
[TRM : 105, IDK : JV, UCI : APP]

Název	: Kolben SL-03.3342-2355.1	***** * V 24 001 *****
-------	----------------------------	------------------------------

Op.	Us.	Prac.	Dílna	TT	Tzp	Tz-----	Komponenty, přípravy	Množ.
	100	Vrtá 3x otvor $\varnothing 1.5$ na $\varnothing 19.9 \pm 0.2$, sražení $0.2 \times 45^\circ \text{max.}$						
	110	Vyjme ze stroje, očistí						
	200	=====Kontrola=====					N 04 00 002	1
		Měří první, pátý a dále každý desátý kus					Posuvné měřítko digitální	
		$\varnothing 17 \pm 0.03$					N 04 00 004	1
		$\varnothing 23.81 \pm 0.03$					Digitální mikrometr 0-25	
		$\varnothing 14.27 \pm 0.07$					N 04 00 015	1
		$\varnothing 14.3 \pm 0.06 - 0.09$					Digitální výškoměr 0-300mm	
		$\varnothing 14.3 \pm 0.1$						
		$\varnothing 7.5$						
		$\varnothing 14$						
		$\varnothing 11 \pm 0.3$						
		$L = 28.4 \pm 0.01 - 0.05$						
		$L = 15.7 \pm 0.025 - 0.065$						
		$L = 5 \pm 0.07 - 0.1$						
		$L = 69 \pm 0.017 - 0.2$						
		$L = 11 \pm 1$						
	210	Ukládá do přepravních palet dodaných zákazníkem dle balícího předpisu						
20		BUAJ30 V01		T1	0	1		
	10	Brousí						
		$\varnothing 16.905 \pm 0.015$						
		$\varnothing 23.715 \pm 0.015$						
	20	Vyjme ze stroje, očistí						
	200	=====Kontrola=====					N 04 00 033	1
		Měří každý kus					Pasametr 0-25	
		$\varnothing 16.905 \pm 0.015$						
		$\varnothing 23.715 \pm 0.015$						
	210	Ukládá do přepravních palet						
22		VRTS V01		T1	0	0,1		
	10	100% vizuálně kontroluje případné poškození povrchů, balí do přepravních palet						
25		Ext V01		T1	0	0,15		
	10	Praní dílů před povrchovou úpravou u externí organizace						

T E C H N O L O G I C K Ý P O S T U P

- 3 -

EUROKOV,s.r.o.
IČ : 49454234

úterý 6 březen 2012 07:50
[TRM : 105, IDK : JV, UCI : APP]

Název	: Kolben SL-03.3342-2355.1	***** * V 24 001 *
-------	----------------------------	-----------------------

Op.	Us.	Prac.	Dílna	TT	Tzp	Tz-----	Komponenty,přípravky	Množ.
30	10	ELOX	V01	T1	0		K 01 004 Elox 03.3342-2355.1 (V24001)	1
40	10	VRTS	V01	T1	0	0,15	100% vizuelně kontroluje případné povrchové poškození,podle katalogu mezních vzorků ATE N 700 60.03 a balí do přepravních palet KLT	
Počet operací : 6							Technolog : Unčovský Josef	

PŘÍLOHA 3



FMEA PROCESU

Proces: Výrobní proces součásti	Odpovědnost za návrh: Bc. Milan Veselý	Zpracoval: Bc. Milan Veselý
Součást: Kolben SL	Zákazník: Continental TEVES	Datum zpracování: 6. 3. 2012
Číslo výkresu: 03. 3342 – 2355.1 (V24 001)	Materiál: Al 6262	

Proces, Funkce	Projev možné závady	Možné následky závady	Závažnost	Možné příčiny závady	Výskyt	Stávající opatření (prevence)	Stávající řízení procesu (odhalování)	Detekce	RPN	Doporučená opatření	
Příjem materiálu	nevyhovující materiál	reklamacie zakázky	7	nesprávné chemické složení materiálu (od dodavatele)	1	nákup materiálu jen u certifikovaného dodavatele	detekce vady je možná až u odběratele	6	42	rozbor materiálu v externí laboratoři 3x ročně	
		vadná funkce součásti		záměna štítku na materiálu	3	dohled odpovědné osoby	detekce vady je možná až u odběratele	6	126	výdej materiálu řízen odpovědnou osobou	
		problém při provádění povrchové úpravy								zaznamenání chyb do knihy neshod a reklamací	
	záměna polotovaru za jiný se stejným průměrem	reklamacie zakázky	7	nedostatečná pozornost pracovníka u stroje	4	dohled odpovědné osoby	detekce vady je možná až u odběratele	6	168	výdej materiálu řízen odpovědnou osobou	
		vadná funkce součásti		špatné označení materiálu	3	dohled odpovědné osoby	detekce vady je možná až u odběratele	6	126	zaznamenání chyb do knihy neshod a reklamací	
		problém při provádění povrchové úpravy								uskladnění materiálu je řízen odpovědnou osobou	
											zaznamenání chyb do knihy neshod a reklamací

10/20 Soustruží vnější tvar kužele 0,4-0,25x30° Ø 17+0,03 L = 51,3 Ø 23,81+0,03	nedodrženy rozměr průměru s přídavkem na broušení	žádný nebo nedostatečný přídavek na broušení (nelze brousit)	8	chyba pracovníka	4	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrole	3	96	řízení pomocí SPC	
						výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus				větší (častější) dohled kontrolního pracovníka	
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2		28	žádná opatření
							při mezioperační kontrole				
				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	2		28	žádná opatření
	nedodrženy délkový rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	7	chyba pracovníka	4	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrole	3	96	řízení pomocí SPC	
						výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus				větší (častější) dohled kontrolního pracovníka	
				opotřebení nástroje	3	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	2		42	žádná opatření
							vada stroje				
		vadná funkce součásti		chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2		28	žádná opatření
							při mezioperační kontrole				
				třísky v upínacím zařízení	2	nastavení oplachu upínacího zařízení	při mezioperační kontrole	2	28	žádná opatření	

10/30 Vrtá otvor Ø 13,5	nedodržený rozměr průměru	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrole	3	72	žádná opatření
				výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus						
		opotřebení nástroje		4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	2	64	žádná opatření	
		vada stroje		2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	2	32	žádná opatření	
		vadná funkce součásti		chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	32	žádná opatření
							při mezioperační kontrole			
	nedodržený délkový rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	7	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrole	3	63	žádná opatření
				výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus						
		opotřebení nástroje		4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	2	56	žádná opatření	
		vada stroje		2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	2	28	žádná opatření	
		vadná funkce součásti		chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	28	žádná opatření
							při mezioperační kontrole			
třísky v upínacím zařízení		2		nastavení oplachu upínacího zařízení	při mezioperační kontrole	2	28	žádná opatření		

10/35 Předvrtává Ø 11+0,3	nedodržený rozměr průměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolě	3	72	žádná opatření	
					výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus						
		vadná funkce součástí		opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	2	64	žádná opatření	
				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	2	32	žádná opatření	
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	32	žádná opatření	
	při mezioperační kontrolě										
	nedodržený délkový rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	7	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolě	3	63	žádná opatření	
					výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus						
		vadná funkce součástí		opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	2	56	žádná opatření	
				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	2	28	žádná opatření	
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	28	žádná opatření	
při mezioperační kontrolě											
		třísky v upínacím zařízení	2	nastavení oplachu upínacího zařízení	při mezioperační kontrolě	2	28	žádná opatření			

10/40 Vrtá otvor Ø 11+0,3 R = 3,55+0,1 L = 28,4+0,01-0,05 L = 15,7+0,025-0,065	nedodrženy poloměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	chyba pracovníka	4	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolce	4	128	řízení pomocí SPC				
						výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus				větší (častější) dohled kontrolního pracovníka				
				opotřeby nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolce	4		160	pravidelné porady s těmito pracovníky			
											při vstupní kontrolce u odběratele	motivace pracovníků, poučení o významu jejich práce		
							vada stroje				2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolce	2
		chybné seřízení stroje		2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby		2	32					
							při mezioperační kontrolce							
		nedodrženy délkový rozměr		průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	7	chyba pracovníka		4		zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolce	4	112	řízení pomocí SPC
							výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus			větší (častější) dohled kontrolního pracovníka				
										pravidelné porady s těmito pracovníky				
	motivace pracovníků, poučení o významu jejich práce													
	zaznamenání konkrétní vady do průvodky výroby dávky a poté do knihy neshod a reklamací													

10/40 Vrtá otvor Ø 11+0,3 R = 3,55+0,1 L = 28,4+0,01-0,05 L = 15,7+0,025-0,065	vadná funkce součásti		8	opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	4	140	řízení pomocí SPC		
				při vstupní kontrole u odběratele			větší (častější) dohled kontrolního pracovníka					
							optimalizace řezných podmínek					
							v každé výrobní optimální dávce vybrat náhodně 3 kusy, rozfíznout a řádně proměřit					
							zaznamenání konkrétní vady do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamaci					
				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	2	28	žádná opatření		
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	28	žádná opatření		
	při mezioperační kontrole											
	třísky v upínacím zařízení	2	nastavení oplachu upínacího zařízení	při mezioperační kontrole	2	28	žádná opatření					
	nedodržená předepsaná drsnost povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	4	128	větší (častější) dohled kontrolního pracovníka		
							při vstupní kontrole u odběratele			optimalizace řezných podmínek		
										v každé výrobní optimální dávce vybrat náhodně 3 kusy, rozfíznout a řádně proměřit		
zaznamenání konkrétní vady do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamaci												
vadná funkce součásti				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	4	64	žádná opatření		
	při vstupní kontrole u odběratele											
špatně nastavené řezné podmínky		2	stanovení řezných podmínek má na starost zkušená osoba	při mezioperační kontrole	4	64	žádná opatření					
				při vstupní kontrole u odběratele								

Soustruží zápich Ø 15+1 š = 1,4+0,1, kužel 15° sražení 30° na L = 1,7	nedodrženy rozměr průměru	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	4	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolě	4	48	žádná opatření	
					výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus						
		vadná funkce součásti		opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	4	64	žádná opatření	
				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	4	32	žádná opatření	
			chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	4	32	žádná opatření		
						při mezioperační kontrolě					
	nedodrženy délkový rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	4	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolě	4	48	žádná opatření	
					výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus						
				opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	4	64	žádná opatření	
		vadná funkce součásti		vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	4	32	žádná opatření	
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	4	32	žádná opatření	
		při mezioperační kontrolě									
			třísky v upínacím zařízení	2	nastavení oplachu upínacího zařízení	při mezioperační kontrolě	2	16	žádná opatření		

10/55 Navrtá 3x otvor Ø 1,5 (odjehlení)	nedodrženy rozměr průměru	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolě	3	72	žádná opatření
					výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus					
				opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	2	64	žádná opatření
		vadná funkce součásti		vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	2	32	žádná opatření
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	32	žádná opatření
	při mezioperační kontrolě									
	otřepy v otvorech	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	7	opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	2	56	žádná opatření
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	28	žádná opatření
		při mezioperační kontrolě								
		vadná funkce součásti		chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolě	3	63	žádná opatření
						výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus				
				nedostatečná hloubka záběru odjehlovací frézy	3	žádná	při mezioperační kontrolě	2	42	žádná opatření
	nesprávná poloha děr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	2	32	žádná opatření
		vadná funkce součásti		chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	32	žádná opatření
							při mezioperační kontrolě			

10/60 Přepne do protivřetene	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	4	třísky v upínacím zařízení	1	vizuální kontrola pracovníkem	při mezioperační kontrolě	1	4	žádná opatření
		vadná funkce součásti				nastavení oplachu upínacího zařízení				
		ovlivnění následného obrábění								
10/70 Zarovná čelo na L = 69±0,2	nedodržený délkový rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	7	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolě	2	42	žádná opatření
						výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus				
		vadná funkce součásti		opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	2	56	žádná opatření
				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	2	28	žádná opatření
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	28	žádná opatření
							při mezioperační kontrolě			

10/80 Soustruží vnější tvar Ø 14,27-0,07 Ø 14,3+0,06-0,09	nedodržení rozměru průměru a předepsané tolerance	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	chyba pracovníka	5	zaškolení obsluhy výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus	při mezioperační kontrole	3	120	řízení pomocí SPC větší (častější) dohled kontrolního pracovníka pravidelné porady s těmito pracovníky motivace pracovníků, poučení o významu jejich práce zaznamenání konkrétní vady do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamací	
				opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	2		64	žádná opatření
				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	2		32	žádná opatření
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2		32	žádná opatření
		při mezioperační kontrole									
		vadná funkce součásti	2	seřízení při 1. kusu	při mezioperační kontrole	2	32	žádná opatření			
	při mezioperační kontrole										
	nedodržení délkový rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	4	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus	při mezioperační kontrole	3	36	žádná opatření	
				opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	2	32	žádná opatření	
				vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	2	16	žádná opatření	
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	16	žádná opatření	
							při mezioperační kontrole				
třísky v upínacím zařízení				2	nastavení oplachu upínacího zařízení	při mezioperační kontrole	2	16	žádná opatření		

10/90 Vrtá otvor Ø 7,5 do L = 11+1	nedodržený průměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrole	3	72	žádná opatření
				výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus						
		opotřebení nástroje		4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	2	64	žádná opatření	
		vadná funkce součásti		vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	2	32	žádná opatření
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	32	žádná opatření
	při mezioperační kontrole									
	nedodržený délkový rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	4	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrole	3	36	žádná opatření
				výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus						
		opotřebení nástroje		4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrole	2	32	žádná opatření	
		vadná funkce součásti		vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrole	2	16	žádná opatření
chybné seřízení stroje				2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	16	žádná opatření	
						při mezioperační kontrole				
třísky v upínacím zařízení				2	nastavení oplachu upínacího zařízení	při mezioperační kontrole	2	16	žádná opatření	

10/90 Vrtá otvor Ø 7,5 do L = 11+1	nedodržení souososti průměru se základnou C	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	6	špatné seřízení upínacího zařízení	3	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	5	90	řízení pomocí SPC	
							při mezioperační kontrole			větší (častější) dohled kontrolního pracovníka	
		při mezioperační kontrole	pravidelné porady s těmito pracovníky								
			při mezioperační kontrole	motivace pracovníků, poučení o významu jejich práce							
	při mezioperační kontrole			zaznamenání konkrétní vady do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamací							
		otřepy v otvorech		vadná funkce součásti	7	třisky v upínacím zařízení	3	nastavení oplachu upínacího zařízení	při mezioperační kontrole	2	30
			průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)								
	chybné seřízení stroje			2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	28	žádná opatření		
			při mezioperační kontrole			chyba pracovníka				3	zaškolení obsluhy
	výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus										

10/100 Vrtá 3x otvor Ø 1,5 na Ø 19,9±0,2 (sražení)	nedodržení rozměr průměru	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolě	3	72	žádná opatření
					výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus					
		opotřebení nástroje		4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	2	64	žádná opatření	
		vadná funkce součásti		vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	2	32	žádná opatření
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	32	žádná opatření
	při mezioperační kontrolě									
	otřepy v otvorech	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	7	opotřebení nástroje	4	nastavení parametru výměny nástroje	při mezioperační kontrolě	2	56	žádná opatření
				chybné seřízení stroje	2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	28	žádná opatření
		vadná funkce součásti					chyba pracovníka			
					výběrová mezioperační kontrola, měří první, pátý a dále každý desátý kus					
		nedostatečná hloubka záběru odjehlovací frézy		3	žádná	při mezioperační kontrolě	2	42	žádná opatření	
	nesprávná poloha děr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolě	2	32	žádná opatření
vadná funkce součásti		chybné seřízení stroje		2	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	2	32	žádná opatření	
						při mezioperační kontrolě				

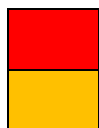
10/110 Vyjme ze stroje, očistí	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamacce)	6	nevhodná manipulace s výrobky	4	zaškolení pracovníka	při mezioperační kontrolle	2	48	žádná opatření
10/200 Kontrola	nedodržení počet vyrobených kusů	reklamacce zakázky	1	chyba pracovníka	3	dodržování balícího předpisu od zákazníka	při balení do přepravních palet	3	9	žádná opatření
	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamacce)	6	nesprávná manipulace s výrobky při měření	4	zaškolení pracovníka	při koncové vizuální kontrolle	2	48	žádná opatření
		vadná funkce součástí				používáním KLT přepavek a proložek				
	špatný rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamacce)	8	chybně změřeno	3	zaškolení pracovníka	při vstupní kontrole u odběratele	2	48	žádná opatření
		vadná funkce součástí		vadné měřidlo	1	pravidelné kontroly měřidel	při vstupní kontrole u odběratele	2	16	žádná opatření
10/210 Ukládání do přepravních palet	nedodržení počet kusu v přepravce	reklamacce zakázky	2	chyba pracovníka	2	žádná	při balení do přepravních palet	2	8	žádná opatření
	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamacce)	6	nevhodná manipulace s přepravkami	4	manipulaci s paletami provádí vyškolený pracovník	při koncové vizuální kontrolle	2	48	žádná opatření
		vadná funkce součástí								

20/10 Brousí Ø16,905+0,015 Ø23,715+0,015	nedodržení rozměru průměru a předepsané tolerance	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	8	vada stroje	2	plánovaná údržba	při mezioperační kontrolle	2	32	žádná opatření
						při vstupní kontrole u odběratele				
		vadná funkce součásti		chyba pracovníka	5	zaškolení obsluhy stroje	při mezioperační kontrolle	3	120	řízení pomocí SPC
						pracovník proměřuje výrobky se 100 % četností	při vstupní kontrole u odběratele			větší (častější) dohled kontrolního pracovníka
			pravidelné porady s těmito pracovníky							
			motivace pracovníků, poučení o významu jejich práce							
			zaznamenání konkrétní vady do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamací							
	nedodržení předepsané drsnosti povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	8	vada stroje	3	pravidelné měření	při mezioperační kontrolle	2	48	žádná opatření
					plánovaná údržba	při vstupní kontrole u odběratele				
		vadná funkce součásti	chyba pracovníka	3	zaškolení obsluhy	při mezioperační kontrolle	2	48	žádná opatření	
						při vstupní kontrole u odběratele				
	nedodržení souososti průměru 23,81se základnou A a B	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	7	špatné seřízení upínacího zařízení	3	seřízení při 1. kusu	kontrolou při náběhu výroby	5	105	řízení pomocí SPC
		vadná funkce součásti				pravidelná kontrola	při mezioperační kontrolle			větší (častější) dohled kontrolního pracovníka
pravidelné porady s těmito pracovníky										
motivace pracovníků, poučení o významu jejich práce										
		zaznamenání konkrétní vady do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamací								

20/20 Vyjme ze stroje, očistí	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	6	nevhodná manipulace s výrobky	4	zaškolení pracovníka	při koncové vizuální kontrole	2	48	žádná opatření
		vadná funkce součásti								
20/200 Kontrola, měří každý kus Ø16,905+0,015 Ø23,715+0,015	nedodržený počet vyrobených kusů	reklamace zakázky	1	chyba pracovníka	3	dodržování balicího předpisu od zákazníka	při balení do přepravních palet	3	9	žádná opatření
	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	6	nesprávná manipulace s výrobky při měření	4	zaškolení pracovníka	při koncové vizuální kontrole	2	48	žádná opatření
		vadná funkce součásti				používáním KLT přepravěk a proložek				
	špatný rozměr	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	8	chybně změřeno	3	zaškolení pracovníka	při vstupní kontrole u odběratele	2	48	žádná opatření
		vadná funkce součásti		vadné měřidlo	1	pravidelné kontroly měřidel	při vstupní kontrole u odběratele	2	16	žádná opatření
20/210 Ukládá do přepravních palet	nedodržený počet kusů v přepravce	reklamace zakázky	2	chyba pracovníka	2	žádná	při balení do přepravních palet	2	8	žádná opatření
	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	6	nevhodná manipulace s přepravkami	4	manipulaci s paletami provádí vyškolený pracovník	při koncové vizuální kontrole	2	48	žádná opatření
		vadná funkce součásti								

22/10 Vizuální kontrola, balení do přepravních palet	přehlédnutí vady	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	7	špatné osvětlení	4	dohlížení odpovědné osoby	při vstupní kontrole u odběratele	2	56	žádná opatření
		vadná funkce součásti		zhoršený zrak pracovníka	4	žádná	při vstupní kontrole u odběratele	2	56	preventivní prohlídky u lékaře
25/10 Praní dílů	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamace)	7	chybné upínání dílů při praní	4	používání schválených upínacích prostředků	při koncové vizuální kontrole	2	56	žádná opatření
						zaškolení pracovníka				
		vadná funkce součásti		nevhodná manipulace	4	používání KLT přepravek a proložek	při koncové vizuální kontrole	2	56	žádná opatření
						zaškolení pracovníka				
	znečištění dílů	problém při provádění povrchové úpravy	6	Znečištěné KLT přepravy a proložky	4	zaškolení pracovníka	pracovníkem na průmyslové práce	2	48	žádná opatření
				použití nesprávného programu praní	2	zaškolení pracovníka	pracovníkem na průmyslové práce	2	24	žádná opatření
				použití nevhodných pracích prostředků	2	zaškolení pracovníka	pracovníkem na průmyslové práce	2	24	žádná opatření

30/10 Povrchová úprava	nedodržená tloušťka vrstvy eloxu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	7	nesprávně nastavené parametry při povrchové úpravě	2	žádná	při kontrole v externí laboratoři	5	70	bude prováděno měření tloušťky eloxu u externí organizace při náběhu sériové výroby a dále 1xročně
		vadná funkce součástí								zaznamenání konkrétní vady do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamací
	nedodržená tvrdost eloxu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	8	nesprávně nastavené parametry při povrchové úpravě	2	žádná	při kontrole v externí laboratoři	5	80	bude prováděno měření tvrdosti eloxu u externí organizace při náběhu sériové výroby a dále 1xročně
		vadná funkce součástí								zaznamenání konkrétní vady do průvodky výrobní dávky a poté do knihy neshod a reklamací
	poškození povrchu	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	8	chybné upínání dílů při povrchové úpravě	4	používání schválených upínacích prostředků	při koncové vizuální kontrole	2	64	poučit pracovníky provádějící povrchovou úpravu o nutnosti šetrného zacházení s díly
		vadná funkce součástí								
40/10 100% vizuálně kontroluje případné povrchové poškození	přehlédnutí vady	průnik závadných kusů k zákazníkovi (reklamáce)	7	špatné osvětlení	4	dohlížení odpovědné osoby	při vstupní kontrole u odběratele	2	56	žádná opatření
		vadná funkce součástí		zhoršený zrak pracovníka	4	žádná	při vstupní kontrole u odběratele	2	56	preventivní prohlídky u lékaře
	nedodržený počet kusů	téměř žádný následek (řešení dohodou)	2	chyba plánu výroby	2	žádná	při vstupní kontrole u odběratele	1	4	žádná opatření



Prioritní skupina 1

Prioritní skupina 2