

Zavedení metody FMEA do podniku Störi Mantel s.r.o.

Bc. Martin Zeman

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin ZEMAN**

Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Téma práce: **Aplikace metody FMEA v podniku Störi Mantel s.r.o.**

Zásady pro vypracování:

- 1. Studium norem systému managementu jakosti**
- 2. Používané metody a nástroje managementu jakosti**
- 3. Principy a použití metod FMEA**
- 4. Návrh, zpracování a vyhodnocení zadané FMEA**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Nenadál, J. a kol.: **Moderní systémy řízení jakosti**. Management Press, Praha, 1998
2. Plura, J.: **Plánování a neustálé zlepšování jakosti**. Computer Press Praha, 2001
3. **Analýza možných způsobů a závad (FMEA)**. Česká společnost pro jakost, 2001
4. **VDA 4.2 Zabezpečování jakosti před sériovou výrobou. Systémová FMEA**. Česká společnost pro jakost, Praha, 1997

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Josef Hrdina**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2010**

Ve Zlíně dne 21. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělků jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá oblastí řízení jakosti. V teoretické části jsou detailněji rozebrány tyto nástroje managementu řízení jakosti: Diagram příčin a následků, jednotlivé druhy metody FMEA, týmová práce a vývojové diagramy.

V praktické části je poté popsána aplikace metody FMEA na konkrétní produkt firmy Störi Mantel s.r.o. v Rožnově pod Radhoštěm.

Klíčová slova: Diagram příčin a následků, Metoda FMEA, Vývojové diagramy, Týmová práce

ABSTRACT

This work deals with the management of quality. In the theoretical section discussed the detail of quality management tools: Diagram of the causes and consequences, different types of FMEA, teamwork, and flowcharts. In the practical part is described FMEA application of a specific product from Störi Mantel s.r.o. company in Rožnov Radhoštěm.

Keywords: Diagram of the causes and consequences, FMEA technique, flowcharts, teamwork

Poděkování:

Děkuji vedoucímu své diplomové práce, Ing. Josefu Hrdinovi, za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady, které mi věnoval při vypracování diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval pracovníkům firmy Störi Mantel s.r.o. za výbornou spolupráci, zvláště pak panu Miloslavu Goralčíkovi a panu Ing. Škrobákovi za ochotu a pomoc, kterou mi poskytli při vypracování této diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 METODA FMEA	12
1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ METODY FMEA.....	12
1.2 VÝZNAM A CÍL METODY FMEA	13
1.3 FMEA NÁVRHU VÝROBKU	15
1.3.1 Analýza a hodnocení současného stavu	15
1.3.2 Návrh opatření.....	17
1.3.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření	17
1.4 FMEA NÁVRHU PROCESU	29
1.4.1 Analýza a hodnocení současného stavu	29
1.4.2 Návrh opatření.....	30
1.4.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření	31
1.5 SYSTÉMOVÁ FMEA	43
1.5.1 Stanovení prvků a struktury systému	44
1.5.2 Stanovení struktury funkcí prvků systému.....	45
1.5.3 Analýza vad (vadných funkcí prvků systému).....	45
1.5.4 Hodnocení rizik	46
1.5.5 Optimalizace rizik	46
2 OSTATNÍ POUŽITÉ NÁSTROJE MANAGEMENTU JAKOSTI	47
2.1 TÝMOVÁ PRÁCE	47
2.1.1 Význam týmové práce.....	47
2.1.2 Techniky týmové práce	49
2.1.2.1 Metoda brainstorming	49
2.1.2.2 Metoda brainwriting	51
2.2 DIAGRAM PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ	52
2.3 VÝVOJOVÝ DIAGRAM	53
II PRAKTICKÁ ČÁST	55
3 FIRMA STÖRI MANTEL S.R.O.	56
4 ROZMÍTACÍ PILA FLS 170 S OPTIMALIZACÍ	58
4.1 TECHNOLOGIE ŘEZU	59
4.1.1 Technické parametry stroje FLS 170	60
5 POSTUP APLIKACE METODY FMEA	61
5.1 FÁZE PŘÍPRAVY	61
5.1.1 Úvod.....	61
5.1.2 Sestavení týmu	62
5.1.3 Stanovení hlavních funkčních požadavky rámu stroje FLS 170.....	62
5.1.4 Technologie výroby Rozmítací pily FLS 170.....	63
5.1.5 Aplikace Diagramu příčin a následku při technologii výroby rámu stroje.....	69
5.2 FÁZE APLIKACE METODY FMEA.....	70
5.2.1 Analýza a hodnocení současného stavu	70
5.2.2 Návrh opatření.....	74

5.2.3	Hodnocení stavu po realizaci opatření	76
5.3	ZÁVĚR.....	91
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	92
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	93
	SEZNAM OBRÁZKŮ	94
	SEZNAM TABULEK.....	95
	SEZNAM PŘÍLOH.....	96

ÚVOD

V současné době se běžně uvádí, že o jakosti výrobku se z 80 případně i více procent rozhoduje právě v předvýrobních etapách. Na tom se výraznou měrou podílí rostoucí složitost vyráběných výrobků a použitých technologií, konkurenční prostředí a rostoucí požadavky zákazníků.

Narůstající význam předvýrobních etap se projevuje i ve výrazné orientaci managementu jakosti na tyto etapy, která je patrná zejména u renomovaných světových firem. Tento trend ve vývoji péče o jakost lze rozdělit do dvou prolínajících se fází. První fází vývoje lze charakterizovat jako posun od strategie detekce ke strategii prevence. Zatímco strategie detekce byla zaměřená zejména na uplatňování a optimalizaci metod následné kontroly, strategie prevence usiluje o řešení možných problémů mnohem dříve, než vůbec nastanou, což má i výrazný ekonomický efekt. Druhou fází vývoje lze charakterizovat jako přesun péče o jakost z fáze výroby do fáze návrhu. Využitím vhodných metod např. QFD či FMEA lze již v předvýrobních etapách předcházet možným problémům ve fázích návrhu a výroby a dosáhnout vyšší kvality návrhu.

Obecně se dá říct, že v čím ranějších fázích životního cyklu se podaří odhalit riziko výskytu neshod výrobku, tím nižší jsou finanční ztráty. Některé praktické zkušenosti ukazují, že náklady na odstranění neshody ve fázi konstrukce mohou být stokrát nižší než náklady na odstranění neshody zjištěné před expedicí a tisíckrát nižší, než náklady na odstranění neshody, která je už u zákazníka.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 METODA FMEA

1.1 Historický vývoj metody FMEA

Původ metody FMEA spočívá ve vojenském předpisu MIL-P-1629 vytvořeném v USA 9. listopadu 1949. Byla zde použita technika hodnocení spolehlivosti, tak aby bylo možné stanovit dopady poruch systémů a zařízení. Poruchy byly klasifikovány podle vlivu na výsledek, osoby a bezpečnost zařízení.

V roce 1963 tuto myšlenku převzala NASA a vyvinula z ní techniku pro spolehlivostní analýzy složitých systému v kosmickém výzkumu pro projekt Apollo 13, metodu FMEA „Failure Mode and Effect Analysis“.

V roce 1965 tuto metodu převzali výrobci letecké techniky a okolo roku 1975 našla mimo jiné své uplatnění i v jaderné technice. V automobilovém průmyslu nasadila metodu FMEA jako první firma FORD (USA) k preventivnímu zajištění kvality vyráběných součástí v roce 1977. V roce 1980 byla i v Německu v normě DIN 25 448 stanovená metodika analýzy následku a poruch s podtitulem FMEA. Ve svazku pro automobilový průmysl (VDA) byla tato metoda dále specificky přizpůsobená pro automobily a například koncern Volkswagen ji rutinně používá již od roku 1984. V současnosti pro zajištění kvality sériové výroby, se použití této metody stále rozrůstá zvláště pak v již uvedeném automobilovém průmyslu.

Nasazení FMEA proběhlo také v různých oborech lékařské a sdělovací techniky v devadesátých letech minulého století. Došlo však i k rozšíření do netechnických oblastí služeb, např. do facility managementu.

1.2 Význam a cíl metody FMEA

FMEA návrhu je analytickou metodou používanou především technikem či týmem odpovídajícím za návrh k zajištění toho, aby byly v možném rozsahu uváženy a řešeny možné způsoby závad a s nimi související příčiny a následky. Vyhodnocují se koncové prvky spolu s každým souvisejícím systémem, podsestavou a komponentou. V nejpřísnější formě je FMEA souhrnem představ týmu (včetně analýzy položek, které by mohly podle zkušenosti selhat) při návrhu komponenty, subsystému nebo systému. Tento systematický přístup opakuje, formalizuje a dokumentuje myšlenkové postupy, kterými technik normálně prochází v jakémkoli procesu navrhování.

Používání metody FMEA je doporučováno normami souboru ISO 9000:2000 a je stále častěji požadována zákazníky, kteří si takto ověřují, že výrobce posoudil a vyhodnotil všechna rizika, která mohou vést k selhání výrobku či procesu a provedl vše pro minimalizaci těchto rizik.

Pro použití metody FMEA hovoří celá řada argumentů. Zde jsou uvedeny hlavní výhody aplikace metody:

- Podporuje objektivní vyhodnocení návrhu včetně funkčních požadavků a alternativních návrhů.
- Vyhodnocuje prvotní návrh z hlediska požadavků výroby, montáže, servisu a recyklování.
- Zvyšuje pravděpodobnost, že budou možné způsoby závad a jejich důsledky na systém a provoz komponenty uváženy již v procesu návrhu či vývoje
- Poskytuje doplňující informace pro podporu plánování důkladných a účinných programů navrhování, vývoje a validace.
- Vede k vypracování seznamu možných závad, seřazených podle jejich dopadu na zákazníka čímž vytváří systém priorit pro zlepšení návrhu, vývoje a testování.
- Poskytuje soubor otevřených témat k doporučení a sledování opatření ke snížení rizik a poskytuje pro budoucnost odkazy např. k získaným poučením, k podpoře analýzy provozních problémů, k vyhodnocování změn návrhu a vypracování náročnějších návrhů.

Cíle FMEA se stanovují z požadavků na organizace. Zvýšené nároky zákazníka na kvalitu se přitom projevuje stejně, tak jako nezbytná optimalizace nákladů na produkty a procesy. Taktéž i z legislativy vyžadovaná odpovědnost výrobců za škody způsobené vadou výrobku.

Z dosažených cílů organizace při použití metody FMEA lze mimo jiné uvést:

- Zvyšování funkční bezpečnosti a spolehlivosti produktů a procesů.
- Snížení garančních a kalkulačních nákladů rozšířením zákonné záruční doby.
- Kratší doby vývoje.
- Bezproblémové náběhy sérii.
- Dodržování termínů
- Ekonomičnost výroby a montáže.
- Služby orientované na zákazníka.
- Cílená komunikace mezi interními a externími zákazníky a dodavateli.
- Vytváření znalostní databáze v organizaci.

Kromě těchto uvedených předností metody FMEA je potřeba samostatně zdůraznit její výrazný psychologický efekt, který spočívá v posílení spoluzodpovědnosti širšího okruhu pracovníků za navrhovaný výrobek či proces a ve zlepšené komunikaci mezi jednotlivými útvary organizace. [5].

1.3 FMEA návrhu výrobku

Pomocí FMEA návrhu výrobku (FMEA konstrukce) se zajišťuje co nejúspěšnější zkoumání návrhu výrobku s cílem již v etapě návrhu odhalit všechny možné vzniklé nedostatky, které by navrhovaný výrobek mohl mít, a ještě před jeho schválením realizovat opatření vedoucí k odstranění těchto nedostatků [1].

Metoda FMEA se používá zejména pro nové nebo inovované výrobky, avšak lze ji aplikovat i na stávající výrobky. V případě analýzy nových výrobků by měla zahájená dostatečně včas, v podstatě při zpracovávání první koncepce. Čím později bude zahájená, tím vyšší náklady a časové ztráty lze očekávat při realizaci případných změn. Včasné zahájení analýzy FMEA je rovněž důležité z toho důvodu, aby se do plánovaného zahájení výroby podařilo navržená opatření realizovat. Při změně návrhu by se měla aplikace metody FMEA opakovat. Průběh analýzy FMEA se skládá se tří základních částí a to z Analýzy a hodnocení současného stavu, Návrh opatření, Hodnocení stavu po opatření.

1.3.1 Analýza a hodnocení současného stavu

Práce týmu při FMEA začíná tím, že odpovědný pracovník konstrukce všechny členy týmu FMEA podrobně seznámí s požadavky zákazníka a s navrhovaným konstrukčním opatřením, s jednotlivými díly výrobku a jejich základními charakteristikami a funkcemi [2].

Dalším krokem analýzy současného stavu u jednotlivých součástí daného řešení je zpracování všech možných vad, které by u dané součásti mohly nastat. Možné vady se přitom popisují jako fyzikální jevy a je k nim potřeba zařadit i takové, které by mohly za určitých podmínek nastat [1].

U jednotlivých možných vad tým analyzuje všechny možné následky, ke kterým mohou možné vady vést, přičemž jako následek vady se chápe působení vady na zákazníka. Následek vady je třeba vnímat jak z hlediska dané součásti, tak i z hlediska celého výrobku. Ke každé vadě tým FMEA analyzuje všechny možné příčiny, které mohou danou vadu vyvolat. Vzhledem k tomu, že se jedná o analýzu návrhu výrobku, je potřeba příslušné příčiny hledat v případných nedostacích navrhovaného řešení. V případech, kdy nalezení všech možných příčin vyžaduje hlubší zkoumání, je vhodné využít diagram příčin a následku [1].

Před vlastním hodnocením tým ještě analyzuje a zaznamenává používané kontrolní metody, jimiž se ověřuje vhodnost navrhovaného řešení před jeho uvolněním do výroby. Například zkoušky prototypu, laboratorní zkoušky atd.

Po provedené analýze následuje hodnocení současného stavu, při kterém se u identifikovaných možných vad hodnotí tři základní hlediska: význam vady, očekávaný výskyt vady, odhalitelnost vady.

K hodnocení se používá desetibodová stupnice v rozmezí 1 až 10 bodů. V případech, kdy určitý projev může vést k několika různým následkům, se příslušné hodnocení vztahuje k nejzávažnějšímu následku vady. V případě, že následek vady znamená ohrožení bezpečnosti je bodové hodnocení vysoké (9 nebo 10). V případě, že vada nemá pro zákazníka žádný následek, odpovídá tomu minimální hodnocení (1 nebo 2) [3].

Hodnocení výskytu vady vychází zejména ze zkušenosti s podobnými výrobky. Očekávaný výskyt vady se přitom vztahuje k určité příčině vady, tedy jedná se o posouzení pravděpodobnosti vzniku vady vyvolané určitou příčinou. Příslušné bodové hodnocení roste s možným výskytem vad u daného výrobku.

V případě odhalitelnosti příslušné hodnocení vychází z posouzení účinnosti stávajících kontrolních postupů, používaných k posuzování návrhu výrobku před jeho uvedením do výroby. V případě, že odhalitelnost je vysoká, je bodové hodnocení nízké. Pokud však vadu stávajícími kontrolními postup nelze odhalit je hodnocení vysoké. [1].

Po stanovení všech tří bodových hodnocení se pro každou možnou vadu, která může vzniknout vlivem určité příčiny vzniknout, vypočte se tzv. rizikové číslo, které představuje součin příslušných bodových hodnocení. Hodnota rizikového čísla slouží k stanovení pořadí důležitosti jednotlivých možných vad vyvolaných určitou příčinou.

Po stanovení hodnocení a stanovení rizikových čísel následuje vyčlenění těch, možných vad, jejichž hodnota rizikového čísla je vysoká. U těchto vad bude nutné navrhnout opatření ke snížení rizika

1.3.2 Návrh opatření

U konečné skupina nejrizikovějších možných vad vyvolaných příslušnými příčinami členové týmu navrhnou opatření, která by riziko těchto možných vad snížila. Tato opatření by měla být prioritně zaměřena na snížení pravděpodobnosti výskytu vady, tedy zejména na odstranění příčiny vady či omezení jejího výskytu. Mohou však být rovněž směřována ke snižování významu vady nebo zvyšování pravděpodobnosti jejího odhalení. Při volbě vhodných opatření by členové týmu měli zvažovat, zda jejich realizací dojde k dostatečnému snížení rizikového čísla [1].

Pravděpodobnost výskytu vady lze snížit změnou návrhu výrobku například změnou materiálu, zálohováním určité funkce výrobku atd. Pravděpodobnost odhalení lze zvýšit změnou plánovaných postupů návrhu např. zavedením počítačové simulace [7].

Návrhem opatření se uzavírá etapa práce týmu FMEA. Návrhy opatření jsou předloženy odpovědnému vedoucímu a jsou stanoveny osoby zodpovědné za realizaci a stanoveny příslušné termíny realizace.

1.3.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Tato fáze probíhá po realizaci opatření. Prvním krokem práce týmu je seznámení se skutečně provedenými opatřeními a jejich zaznamenání do formuláře FMEA. Poté následuje nové hodnocení rizika možných vad u navrhovaného výrobku po provedení těchto opatření. Poté následuje nové hodnocení rizika možných vad u navrhovaného výrobku po provedení těchto opatření. Při tomto hodnocení by složení týmu mělo být stejné jako u prvního hodnocení a tým by měl používat stejná hodnotící kritéria [2].

Posouzení změn příslušných hodnot umožňuje vyhodnotit účinnost provedených opatření. Aby bylo možné příslušná rizika považovat za přijatelná, mělo by dojít k poklesu rizikového čísla pod jeho kritickou hodnotu. Pokud se to u všech analyzovaných součástí nepodaří zajistit je potřeba navrhnout účinnější opatření.

Provedená analýzy FMEA by měla být k dispozici po celou dobu života součástí. Měla by reagovat na veškeré nové poznatky, informace zjištěné od zákazníků, reklamace, zkušenosti ze servisu atd. [5].

Průběh analýzy FMEA se průběžně zaznamenává do formuláře FMEA. Vyplněný formulář FMEA by však neměl být pouhým záznamem o jakosti, ale živým dokumentem dokládajícím

cím soustavnou péči o zlepšování jakosti produkce. Příklad vyplnění formuláře pro FMEA návrhu výrobku používaných v metodice QS -9000 je uveden na *obr. 1.* [3].

FMEA Návrhu produktu

FMEA číslo _____

Součást _____ Odpovědnost za návrh _____ Zpracoval _____

Model-rok _____ Rozhodné datum _____ Datum zprac.(orig.) _____ (rev.) _____

Řešitelský tým _____

Prvek Funkce	Možná vada	Možné následky vady	Význam	Kritičnost	Možné příčiny (mechanismy vady)	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Stávající řízení procesu	Odhaltitelnost	Rizikové číslo	Dopruč.opatření	Odpovědnost Termín	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Kritičnost	Rizikové č.

Obr. 1. Formulář pro FMEA návrhu výrobku

- 1) **Číslo FMEA** Vepíše se číslo dokumentu FMEA, které slouží pro další sledování v databázi

- 2) **Název a číslo systému, subsystému, komponenty** Uvede se příslušná úroveň analýzy a název a číslo analyzovaného systému, subsystému nebo komponenty. Členové týmu FMEA, musí podle svých profesí rozhodnout, co tvoří systém, subsystém či komponentu.

- 3) **Odpovědnost za návrh** Uvede se útvar a skupina. Také se někdy uvádí název dodavatele.

- 4) **Vypracoval:** Uvede se jméno, telefon a podnik pracovníka odpovědného za vypracování FMEA.

- 5) **Ročník (y) modelu program (u)** Uvedou se ročníky modelu/programu pro, které bude analyzovaný návrh využit nebo, které jim budou ovlivněny.

- 6) **Rozhodné datum** Uvede se požadovaný termín ukončení první FMEA, který nemá být pozdější než plánované uvolnění k výrobě.

- 7) **Datum FMEA** Uvede se datum vypracování prvotní FMEA a datum poslední revize návrhu.

- 8) **Řešitelský tým** Uvedou se jména odpovědných pracovníků a útvarů, oprávněných určovat a vykonávat úkoly.(Doporučuje se také uvést telefon, adresu atd. každého člena týmu)

- 9) Prvek/funkce** Uvede se název a jiné významné informace analyzovaného prvku. Uvede se číslo výkresu a poukáže se na úroveň návrhu uvedenou na technickém výkrese. Uvedou se co nejstručněji funkce analyzovaného prvku, která musí splňovat záměr návrhu. Má-li prvek více než jednu funkci s různými možnými způsoby závad, uvede se každá zvlášť [3].
- 10) Možný způsob závady** Možný způsob závady je definován jako způsob, jakým by komponenta, subsystém nebo prvek mohl při zamýšlené funkci selhat. Možný způsob závady může být také příčinou závady subsystému nebo systému vyšší úrovně nebo být výsledkem závady některé z komponent nižší úrovně.
- Uvede se každý možný způsob závady spojený s daným prvkem a jeho funkcí. Předpokládá se, že k poruše může, ale nemusí dojít. Doporučuje se vycházet z přehledu dřívějších selhání, problémů, zpráv a ze skupinového brainstormingu. Mají se brát v úvahu i možné způsoby závad, které mohou nastat za určitých podmínek (např. při nadměrném najetí počtu kilometrů v náročném terénu u automobilu atp.) [3].
- 11) Možné důsledky závad** Možné důsledky závady se definují jako následky způsobů závady na funkci, jak je vnímá zákazník. Popíšu se důsledky závad tak, jak by je mohl pozorovat nebo vnímat zákazník s tím, že zákazníkem, může být i vnitřní zákazník nebo finální uživatel. Konstatuje jasně, zda by způsob závady mohl mít dopad na bezpečnost nebo způsobit neshody s předpisy. Důsledky by měly být vždy popsány v pojmech analyzovaného specifického systému, subsystému či komponenty. Mezi úrovněmi komponenty, subsystému a systému existují vazby. Mohlo by např. rozdrtit součást, což by mohlo způsobit vibrace sestavy vedoucí k nenapravitelné funkci systému [3].

Nenapravitelná funkce systému by mohla způsobit zhoršení výkonu a konečně vést k nespokojenosti zákazníka. Záměrem je podle úrovně týmu předpovědět důsledky závady.

12) Závažnost

Závažnost je známka spojená s nejzávažnějším důsledkem daného způsobu závady. Závažnost vyjadřuje relativní zařazení v rámci předmětu FMEA. Zámka závažnosti se dá ovlivnit jen změnou návrhu. Pro posouzení závažnosti by se měla jako vodítko použít *tab. 1*.

Důsledek	Kriteria závažnosti důsledku	Známka
Kritický bez Výstrahy	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení, nebo znamená nesplnění předpisu bez výstrahy	10
Kritický s výstrahou	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení, nebo znamená nesplnění závazného předpisu s výstrahou (výstraha znamená jakýkoli předchozí výstražný signál zvuk, zápach, atd.)	9
Velmi závažný	Prvek je nefunkční (ztráta základní funkce)	8
Závažný	Prvek funguje, ale úroveň výkonu je velmi snižena. Zákazník velmi nespokojen	7
Mírný	Prvek sice funguje, ale zároveň položky zajišťující komfort nefungují. Zákazník nespokojen	6
Nízký	Prvek funguje, ale položky zajišťující komfort fungují se sníženým výkonem. Zákazník poněkud nespokojen	5
Velmi nízký	Úprava prvku, nebo nadměrný hluk. Vady si všimne většina zákazníků (přes 75%)	4
Nepatrný	Úprava/hlučnost neodpovídá. Vady si všimne 50% zákazníků	3
Zanedbatelný	Úprava/ hlučnost neodpovídá. Vady si všimnou kritičtí zákazníci (méně než 25%)	2
Žádný	Žádný znatelný důsledek	1

Tab. 1. Návrh kritérií FMEA návrhu produktu pro vyhodnocení závažnosti [10].

- 13) Klasifikace** Tento sloupec může sloužit pro klasifikaci jakékoli zvláštní charakteristiky výrobku (např. kritická vazba). Tento sloupec může sloužit také pro zdůraznění způsobu závad s vysokou prioritou pro technické prověření, když to tým považuje za důležité, nebo pokud to požaduje vedení.
- 14) Možné příčiny závad** Možná příčina závady je definovaná jako příznak slabiny návrhu, jejímž důsledkem je způsob vazby. Je vhodné v co největším možném množství pořídit seznam závad. Příčiny/mechanismy mají být v seznamu uvedeny co nejstručněji a nejúplněji, aby opatření k nápravě mohla být zaměřená na příslušné příčiny.
- Typické příčiny závad mohou zahrnovat např. přetížení, nevhodný materiál, nevhodný návod pro údržbu.
- Typické mechanismy závad mohou zahrnovat průtažnost, únava materiálu, nadměrné opotřebení či koroze.
- 15) Výskyt** Výskyt je pravděpodobnost, že se určitá specifická příčina/mechanismus v průběhu návrhem uvažované doby života vyskytne. Hodnocení (známka) pravděpodobnosti výskytu má spíše relativní než absolutní význam. Jediným možným způsobem snížení je prevence výskytu nebo zvládnutí příčin závady změnou návrhu. Odhadne se pravděpodobnost výskytu možné vady pomocí stupnice známek 1 až 10 (viz tab. 2). Při určování se bere v úvahu následující:
- Jaké jsou zkušenosti ze servisu/provozu s podobnými komponenty či systémy?
- Je prvek úplně nový?
- Liší se komponenta od komponenty dříve použité úplně radikálně?
- Jak významné jsou změny oproti komponentě dříve použité?

Jak se změnilo prostředí?

Byla uplatněná preventivní opatření?

Pravděpodobnost závady	Možné četnosti závad	Známka
Velmi vysoká: Neustálé závady	≥ 100 na tisíc prvků	10
	50 na tisíc prvků	9
Vysoká: Časté závady	20 na tisíc prvků	8
	10 na tisíc prvků	7
Mírná: Občasné závady	5 na tisíc prvků	6
	2 na tisíc prvků	5
Nízká: Poměrně málo závad	1 na tisíc prvků	4
	0,5 na tisíc prvků	3
Vzácná: Závada je nepravděpodobná	0,1 na tisíc prvků	2
	$\leq 0,010$ na tisíc prvků	1

Tab. 2. Navržená kritéria pro hodnocení výskytu vad při FMEA produktu [3].

16) Stávající opatření

k návrhu

Vypracuje se seznam preventivních opatření verifikací návrhu nebo jiných činností, které byly dokončeny nebo zavedeny a které potvrdí přiměřenost návrhu ve vztahu ke způsobu závady a, nebo uvažovanému mechanismu závady. Stávající nástroje řízení (např. matematické studie, testování v přípravcích a laboratořích, přezkoumání vyrobiteľnosti, prototypové

zkoušky atp.) jsou ty, které byly uplatněny nebo se uplatňují pro stejné nebo podobné návrhy. Tým by se měl soustředit na zlepšení řízení návrhu např. na vytvoření systému nových prototypových zkoušek, matematických modelů atd.

Je třeba uvážit dva druhy nástrojů řízení návrhu:

Prevence: předcházení výskytu příčiny závady nebo způsobu závady nebo snížení četnosti jejich výskytu.

Odhalení: odhalení příčiny závady či způsobu závady analytickými nebo fyzikálními metodami před uvolněním prvku do výroby. Je-li to možné, preferuje se prevence. Jsou-li preventivní opatření začleněna jako součást návrhu, ovlivní původní hodnocení výskytu.

Formulář pro FMEA návrhu má dva sloupce pro opatření v návrhu (tj. samostatný sloupec pro preventivní opatření a druhý pro opatření k odhalení), aby se týmu usnadnilo jasné rozlišení těchto dvou druhů nástrojů řízení procesu. To umožňuje rychlé vizuální potvrzení, že byly uváženy oba druhy nástroje řízení návrhu. Preferuje se použití tohoto formuláře se dvěma sloupci. [3].

17) Odhalitelnost

Odhalitelnost je známka přiřazená nejlepším opatřením k odhalení, uvedených ve sloupci opatření k řízení návrhu. Odhalitelnost je relativní známka vztahující se k předmětu jednotlivé FMEA. Ke snížení hodnocení se zpravidla musí zlepšit plánované řízení návrhu (např. validace, verifikace). Pro stanovení odhalitelnosti by se měla jako vodítko použít *tabulka 3*.

Odhaltelnost	Pravděpodobnost odhalení nástroje řízení návrhu	Známka
Absolutní nejistota	Nástroje řízení návrhu neodhalí a ani nemohou odhalit potenciální příčinu a následný způsob závady, nebo neexistuje řízení návrhu.	10
Velmi nepravděpodobné	Je velmi nepravděpodobné, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následný způsob závady.	9
Nepravděpodobná	Je nepravděpodobné, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následný mechanismus závady.	8
Velmi nízká pravděpodobnost	Velmi nízká pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následný způsob závady.	7
Nízká pravděpodobnost	Pravděpodobnost, že stávající nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu je nízká.	6
Střední pravděpodobnost	Střední pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu odhalí.	5
Poněkud vyšší pravděpodobnost	Poněkud vyšší pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu odhalí.	4
Vysoká pravděpodobnost	Vysoká pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu odhalí	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	Velmi vysoká pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a mechanismus závady odhalí	2
Téměř jistota	Nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu/mechanismus a následnou závadu téměř jistě.	1

Tab. 3. Navržená kritéria hodnocení odhalitelnosti vady při FMEA produktu [10].

**18) Ukazatel priority
Rizika (UPR)**

Ukazatel priority rizika je součinem závažnosti (Z), výskytu (V) a odhalitelnosti (O):

$$UPR=(Z) \times (V) \times (O)$$

V rámci jednotlivé FMEA se tato hodnota (v rozmezí 1 až 1000) dá použít pro sestavení pořadí problémů návrhů.

19) Doporučená opatření

Technické přezkoumání pro přípravu preventivního opatření k nápravě má být zaměřeno nejdříve na vysokou závažnost, vysoké UPR a na jiné týmem určené položky. Záměrem jakéhokoli doporučeného opatření je snížení známek v tomto pořadí: závažnost, výskyt a odhalitelnost.

Je-li závažnost 9 nebo 10, musí se ve všeobecné praxi věnovat zvláštní pozornost řešení rizika stávajícími opatřeními k řízení návrhu nebo preventivními opatřeními bez zřetele k UPR. Ve všech případech, kdy by důsledek identifikovaného potenciálního způsobu závady mohl pro konečného uživatele znamenat nebezpečí, je třeba uvážit preventivní opatření k nápravě, aby se způsob závady zamezil vyloučením, omezením nebo zvládnutím příčin. [3].

Poté co se věnovala zvláštní pozornost hodnocením 9 a 10, věnuje se pozornost ostatním způsobům závad s cílem omezit závažnost, poté výskyt a nakonec odhalení. Měla by se zvážít opatření jako revize geometrie, revize materiálových specifikací, revize plánu zkoušení. [3].

Jen revize návrhu může vést ke snížení známky závažnosti. Snížení známky výskytu se dá docílit jen odstraněním nebo zvládnutím jedné nebo více příčin závady revizí návrhu

- 20) Odpovědnost za doporučená opatření** Zapiše se organizační jednotka a osoba odpovědná za každé doporučené opatření a termín jeho realizace.
- 21) Provedená opatření** Jakmile je opatření zavedeno, zapiše se stručný popis jeho provedení a datum účinnosti.
- 22) Výsledky opatření** Po určení preventivního opatření k nápravě se odhadne a napíšou se výsledné známky závažnosti, výskytu a odhalitelnosti. Vypočítá a zapiše se výsledná UPR: Pokud se žádné opatření nepřijímá, nechá se odpovídající sloupec prázdný. Všechny revidované známky se mají přezkoumat. Považuje-li se další opatření za nezbytná, opakuje se analýza. Cílem by mělo být neustálé zlepšování jakosti.
- Technik odpovědný za návrh odpovídá za provedení FMEA nebo přiměřené zajištění všech doporučených opatření. FMEA je živý dokument a má vždy odrážet aktuální stav návrhu i poslední příslušná opatření i takové, která se uskutečnila po zahájení výroby. Technik odpovědný za návrh má několik možností jak zajistit identifikaci problému a realizaci doporučených opatření. Lze to provést zabezpečením plnění požadavků návrhu, přezkoumáním technické dokumentace či technických výkresů atd.

1.4 FMEA návrhu procesu

FMEA procesu se obvykle provádí před zahájením výroby či inovaci technologického postupu. Obvykle následuje po FMEA návrhu výrobku, na kterou navazuje a využívá jejich výsledku [4].

Postup při analýze FMEA procesu je podobný jako při FMEA návrhu výrobku s tím rozdílem, že příčiny možných vad tentokrát tým nehledá v navrhovaném řešení výrobku, u něhož se již předpokládá splnění záměru, ale v navrhovaném technologickém postupu.

Přestože FMEA procesu je původně určená pro přezkoumání a validaci návrhu technologického postupu, je velice cennou metodou rovněž pro analýzu a přezkoumání již používaného postupu, neboť umožňuje odhalit jeho slabá místa a tak iniciovat jeho zlepšení. Aplikaci metody FMEA lze rovněž rozšířit na jakýkoli nevýrobní proces. [9].

Za provedení FMEA procesu je obvykle zodpovědný pověřený pracovník vývoje technologie, který týmu FMEA předkládá návrh technologického postupu výroby. Technologický postup by měl zahrnovat všechny fáze výroby a rovněž po výrobní operace až do okamžiku předání výrobku zákazníkovi. Ná vaznost operací by měla být přehledně znázorněna pomocí vývojových diagramů. [8].

Průběh analýzy FMEA procesu se skládá se tří základních částí a to z Analýzy a hodnocení současného stavu, Návrh opatření, Hodnocení stavu po opatření.

1.4.1 Analýza a hodnocení současného stavu

U FMEA procesu se postupně analyzují jednotlivé dílčí operace procesu v pořadí, jak na sebe navazují (funkce procesu, požadavky).

Úkolem týmu je stanovit všechny možné vady, které se mohou v průběhu dané operace na vyráběném výrobku (polotovaru) vyskytnout (Možná závada). Týká se to jak vad, které se přenesou do konečného výrobku, tak vad, které způsobí, že některá z následujících operací nebude úspěšná. K těmto vadám se rovněž přisuzují možná selhání dané operace, která mohou vést k tomu, že nebude moci plnit požadovanou funkci.

V dalším kroku tým FMEA analyzuje působení možných vad na vnitřního i vnějšího zákazníka nebo na obsluhu procesu (Možné následky vady). Vnitřními zákazníky jsou následující operace nebo pracoviště, vnějším zákazníkem je zejména koncový uživatel. [1].

Ke každé možné vadě tým FMEA analyzuje všechny možné příčiny, které by ji mohly vyvolat (Možné příčiny vady). Na rozdíl od FMEA návrhu výrobku se však tato příčiny nehledají v nedostatecích návrhu výrobku, ale v nedostatecích navrhovaného procesu.

U stanovených možných vad a jejich příčin tým dále zjišťuje, jaké kontrolní postupy jsou v procesu používány k tomu, aby možné vady nebo jejich příčiny, v případě výskytu, byly před další operací nebo předtím, než výrobek opustí místo výroby nebo montáže, odhaleny (Stávající způsoby kontroly procesu) [6].

Hodnocení významu vady (Význam) se stejně jako u FMEA návrhu výrobku vztahuje k nejzávažnějšímu následku vady. V případě očekávaného výskytu vady (Výskyt) se u FMEA procesu, na rozdíl od FMEA návrhu výrobku, posuzuje pravděpodobnost, že v průběhu operace vlivem dané příčiny vzniknou výrobky s vadou, případně, že dojde k selhání procesu. Při posuzování odhalitelnosti vady (Odhalitelnost) tým posuzuje účinnost stávajících kontrolních postupů (Stávající kontroly procesu) pro odhalení výskytu možné vady nebo její příčiny předtím, než výrobek nebo součást opustí místo výroby nebo montáže.

Rizikové číslo jednotlivých možných vad vyvolaných určitou příčinou se stejně jako u FMEA návrhu výrobku vypočte jako součin bodového hodnocení významu vady, pravděpodobnosti výskytu vady a pravděpodobnosti odhalení vady.

1.4.2 Návrh opatření

Pro skupinu možných vad s vyššími hodnotami rizikového čísla než je zvolená mezní hodnota tým navrhuje opatření, která by riziko možných vad měla snížit (Doporučená opatření). Přednost by měla být dána opatřením snižujícím pravděpodobnost výskytu vad. Vhodným opatřením v této oblasti je například zavedení statistické regulace a pravidelné hodnocení způsobilosti procesu. Soubor doporučených opatření tým předkládá odpovědnému vedoucímu ke schválení a přidělení odpovědnosti, včetně termínu realizace (Odpovědnost, Termín realizace). [1].

1.4.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Po realizaci opatření tým FMEA nejprve analyzuje, zda provedená opatření odpovídají plánovaným opatřením a opětovně hodnotí riziko vad, na které byla opatření zaměřená, nebo které mohly být opatřeními ovlivněná. Nově zjištěné hodnoty umožňují posoudit účinnost jednotlivých opatření a případně opětovně vyčlenit možné vady s vysokou mírou rizika. [3].

Průběh analýzy FMEA se průběžně zaznamenává do formuláře FMEA. Vyplněný formulář FMEA by však neměl být pouhým záznamem o jakosti, ale živým dokumentem dokládajícím soustavnou péči o zlepšování jakosti produkce. Příklad vyplnění formuláře pro FMEA návrhu výrobku používaných v metodice QS -9000 je uveden na (obr. 2.)/[3].

FMEA Návrhu procesu

FMEA číslo _____

Součást _____ Odpovědnost za návrh _____ Zpracoval _____

Model-rok _____ Rozhodné datum _____ Datum zprac.(orig.) _____ (rev.) _____

Řešitelský tým _____

Funkce Proce- su	Mož- ná vada	Možné násled- ky vady	Význam	Kritičnost	Možné pří- činy (me- chanismy vady)	Výskyt	Stávají- cí opat- ření pro prevenci	Stávají- cí řízení procesu	Odhalitelnost	Rizikové číslo	Dopruč.opatření	Odpověd- nost Termín	Provede- ná opat- ření	Význam	Výskyt	Kritičnost	Rizikové č.

Obr. 2. Formulář pro FMEA procesu

- 1) **Číslo FMEA** Vepíše se číslo dokumentu FMEA, které slouží pro další sledování v databázi
- 2) **Prvek** Uvede se název a číslo systému subsystému nebo položky, pro kterou se proces analyzuje.
- 3) **Odpovědnost za návrh** Uvede se útvar a skupina. Také se někdy uvádí název dodavatele.
- 4) **Vypracoval:** Uvede se jméno, telefon a podnik pracovníka odpovědného za vypracování FMEA.
- 5) **Ročník (y) modelu program (u)** Uvedou se ročníky modelu/programu pro, které bude analyzovaný návrh využit nebo, které jim budou ovlivněny.
- 6) **Rozhodné datum** Uvede se požadovaný termín ukončení první FMEA, který nemá být pozdější než plánované uvolnění k výrobě.
- 7) **Datum FMEA** Uvede se datum vypracování prvotní FMEA a datum poslední revize návrhu.
- 8) **Řešitelský tým** Uvedou se jména odpovědných pracovníků a útvarů, oprávněných určovat a vykonávat úkoly. (Doporučuje se také uvést telefon, adresu atd. každého člena týmu)
- 9) **Funkce procesu** Uvede se jednoduchý popis analyzovaného procesu nebo operace (např. soustružení, vrtání, montáž). Kromě toho se doporučuje zapsat příslušné číslo procesu operace analyzovaného kroku. Tým by měl přezkoumat příslušnou funkci, materiál, atd. Uvede se co nejstručněji účel analyzovaného pro-

cesu nebo operace včetně informace o návrhu systému, subsystému nebo komponenty. Kde proces zahrnuje četné operace (např. montáž) s různými možnými způsoby závad, může být žádoucí pojednat o operaci jako o jednotlivých prvcích. [3].

10) Možný způsob závady Možný způsob závady je definován jako způsob, jakým by proces, nebo záměr návrhu mohl při zamýšlené funkci selhat. Může být příčinou související s možným způsobem závady v následné operaci nebo jevem souvisejícím s možnou závadou v předcházející operaci. Při vypracování FMEA předpokládáme, že vstupující díly, materiály jsou v pořádku. Výjimky může tým FMEA připustit tam, kde dřívější údaje ukazují na nedostatky jakosti vstupujícího materiálu. Vychází se z porovnání s podobnými procesy a přezkoumání požadavků zákazníka ve vztahu k podobným komponentám. Kromě toho je nezbytná znalost záměru návrhu. [3].

**11) Možné důsledky
závad**

Možné důsledky závady se definují jako následky způsobů závady na funkci, jak je vnímá zákazník. Popíšu se důsledky závad tak, jak by je mohl pozorovat nebo vnímat zákazník s tím, že zákazníkem, může být i vnitřní zákazník nebo finální uživatel. Konstatuje jasně, zda by způsob závady mohl mít dopad na bezpečnost nebo způsobit neshody s předpisy. Důsledky by měly být vždy popsány v pojmech analyzovaného specifického systému, subsystému či komponenty. Mezi úrovněmi komponenty, subsystému a systému existují vazby. Mohlo by např. rozdrtit součást, což by mohlo způsobit vibrace sestavy vedoucí k nenapravitelné funkci systému

Nenapravitelná funkce systému by mohla způsobit zhoršení výkonu a konečně vést k nespokojenosti zákazníka. Záměrem je podle úrovně týmu předpovědět důsledky závady. [3].

12) Závažnost

Závažnost je známka spojená s nejzávažnějším důsledkem daného způsobu závady. Závažnost vyjadřuje relativní zařazení v rámci předmětu FMEA. Znamka závažnosti se dá ovlivnit jen změnou návrhu. Pro posouzení závažnosti by se měla jako vodítko použít *tab. 4*.

Důsledek	Kriteria závažnosti důsledku. (Dopad na zákazníka)	Kriteria závažnosti důsledku. (Dopad na výrobu/montáž)	Známka
Kritický bez Výstrahy	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení, nebo znamená nesplnění předpisu bez výstrahy	Může bez výstrahy ohrožovat operátora (stroj nebo sestavu).	10
Kritický s výstra- hou	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení, nebo znamená nesplnění závazného předpisu s výstrahou	Může bez výstrahy ohrožovat operátora (stroj nebo sestavu) s výstrahou	9
Velmi závažný	Prvek je nefunkční (ztráta základní funkce)	Nebo se musí 100% výrobků šrotovat, nebo opravit v dílně po dobu delší než 1 hodina	8
Závažný	Prvek funguje, ale úroveň výkonu je velmi snižena. Zákazník velmi nespokojen	Nebo se musí výrobek přetřít a část (méně než 100%) výrobu šrotovat, nebo opravovat v opravárenské dílně po dobu 1 hodiny	7
Mírný	Prvek sice funguje, ale zároveň položky zajišťující komfort nefungují. Zákazník nespokojen	Nebo se musí část (méně než 100%) výrobku šrotovat bez třídění, nebo se musí opravit v opravárenské dílně po dobu kratší než 1/2 hodiny	6
Nízký	Prvek funguje, ale položky zajišťující komfort fungují se sníženým výkonem. Zákazník poněkud nespokojen	Nebo se musí 100% výrobku přepracovat mimo linku, ale nemusí jít do opravárenského oddělení.	5
Velmi nízký	Úprava prvku, nebo nadměrný hluk. Vady si všimne většina zákazníků (přes 75%)	Výrobek se musí přetřít bez šrotování a část (menší než 100%) se musí přepracovat	4
Nepatrný	Úprava/hlučnost neodpovídá. Vady si všimne 50% zákazníků	Část (méně než 100%) výrobků se musí přepracovat bez šrotování na lince, ale mimo normální pozici	3
Zanedbatelný	Úprava/ hlučnost neodpovídá. Vady si všimnou kritičtí zákazníci (méně než 25%)	Část se musí přepracovat (méně než 100%) na lince na normální pozici	2
Žádný	Žádný znatelný důsledek	Nepatrná obtíž nebo žádný dopad	1

Tab. 4. Návrh kriterii FMEA procesu pro vyhodnocení závažnosti [10].

13) Klasifikace Tento sloupec může sloužit pro klasifikaci jakékoli zvláštní charakteristiky výrobku (např. kritická vazba). Tento sloupec může sloužit také pro zdůraznění způsobu závad s vysokou prioritou pro technické prověření, když to tým považuje za důležité, nebo pokud to požaduje vedení. [3].

14) Možné příčiny závad Možná příčina závady je definovaná jako příznak slabiny návrhu, jejímž důsledkem je způsob vazby. Je vhodné v co největším možném množství pořídit seznam závad. Příčiny/mechanismy mají být v seznamu uvedeny co nejstručněji a nejúplněji, aby opatření k nápravě mohla být zaměřená na příslušné příčiny. [3].

Typické příčiny závad mohou zahrnovat např. přetížení, nevhodný materiál, nevhodný návod pro údržbu.

Typické mechanismy závad mohou zahrnovat průtažnost, únava materiálu, nadměrné opotřebení či koroze.

15) Výskyt Výskyt je pravděpodobnost, že se určitá specifická příčina/mechanismus v průběhu návrhem uvažované doby života vyskytne. Hodnocení (známka) pravděpodobnosti výskytu má spíše relativní než absolutní význam. Jediným možným způsobem snížení je prevence výskytu nebo zvládnutí příčin závady změnou návrhu. Odhadne se pravděpodobnost výskytu možné vady pomocí stupnice známek 1 až 10 (viz tab. 5). Při určování se bere v úvahu následující:

Je technologie úplně nová?

Liší se technologie od technologie dříve použité úplně radikálně?

Jak významné jsou změny oproti technologii dříve použité?

Jak se změnilo prostředí?

Pravděpodobnost závady	Možné četnosti závad	Známka
Velmi vysoká: Neustálé závady	≥ 100 na tisíc prvků	10
	50 na tisíc prvků	9
Vysoká: Časté závady	20 na tisíc prvků	8
	10 na tisíc prvků	7
Mírná: Občasné závady	5 na tisíc prvků	6
	2 na tisíc prvků	5
Nízká: Poměrně málo závad	1 na tisíc prvků	4
	0,5 na tisíc prvků	3
Vzácná: Závada je nepravděpodobná	0,1 na tisíc prvků	2
	$\leq 0,010$ na tisíc prvků	1

Tab. 5. Navržená kritéria pro hodnocení výskytu při FMEA procesu [10].

16) Stávající opatření

k návrhu

Vypracuje se seznam preventivních opatření verifikací návrhu nebo jiných činností, které byly dokončeny nebo zavedeny a které potvrdí přiměřenost návrhu ve vztahu ke způsobu závady a, nebo uvažovanému mechanismu závady. Stávající nástroje řízení (např. matematické studie, testování v přípravcích a laboratořích, přezkoumání vyrobitelnosti, prototypové zkoušky atp.) jsou ty, které byly uplatněny nebo se uplatňují pro stejné nebo podobné návrhy. Tým by se měl soustředit na

zlepšení řízení návrhu např. na vytvoření systému nových prototypových zkoušek, matematických modelů atd.

Je třeba uvážit dva druhy nástrojů řízení návrhu:

Prevence: předcházení výskytu příčiny závady nebo způsobu závady nebo snížení četnosti jejich výskytu.

Odhalení: odhalení příčiny závady či způsobu závady analytickými nebo fyzikálními metodami před uvolněním prvku do výroby. Je-li to možné, preferuje se prevence. Jsou-li preventivní opatření začleněná jako součást návrhu, ovlivní původní hodnocení výskytu.

Formulář pro FMEA návrhu má dva sloupce pro opatření v návrhu (tj. samostatný sloupec pro preventivní opatření a druhý pro opatření k odhalení), aby se týmu usnadnilo jasné rozlišení těchto dvou druhů nástrojů řízení procesu. To umožňuje rychlé vizuální potvrzení, že byly uváženy oba druhy nástroje řízení návrhu. Preferuje se použití tohoto formuláře se dvěma sloupci. [3].

17) Odhalitelnost

Odhalitelnost je známka přiřazená nejlepším opatřením k odhalení, uvedených ve sloupci opatření k řízení návrhu. Odhalitelnost je relativní známka vztahující se k předmětu jednotlivé FMEA. Ke snížení hodnocení se zpravidla musí zlepšit plánované řízení návrhu (např. validace, verifikace). Pro stanovení odhalitelnosti by se měla jako vodítko použít *tab. 6*.

Odhalení	Kritéria	Druhy kontroly			Návrh rozsahu metod odhalení	Známka
		A	B	C		
Téměř vyloučené	Absolutní jistota, že nebude odhalen			X	Nedá se odhalit, nekontroluje se	10
Velmi nepravděpodobné	Pravděpodobně nebude odhaleno			X	Pouze náhodné kontroly	9
Nepravděpodobné	Nástroje řízení mají malou šanci poruchu odstranit			X	Řízení se provádí jenom vizuální kontrolou	8
Velmi nízká pravděpodobnost	Nástroje řízení mají malou šanci poruchu odhalit				Řízení se provádí jenom vizuální kontrolou	7
Nízká pravděpodobnost	Nástroje řízení mohou poruchu odhalit		X	X	Řízení se provádí pomocí diagramu např. SPC	6
Mírná pravděpodobnost	Nástroje řízení mohou poruchu odhalit		X		Řízení se opírá o měření, když součásti opustily pracoviště, nebo kontrolu kalibrem sta procent součástí.	5
Poněkud vyšší pravděpodobnost	Nástroje řízení mají dobrou šanci poruchu odhalit	X	X		Odhalování chyb v následných operacích, nebo kontrolou kalibrem prováděná po seřízení a kontrola prvního kasu	4
Vysoká pravděpodobnost	Nástroje řízení mají dobrou šanci poruchu odhalit	X	X		Odhalení chyb na pracovišti, nebo v následujících operacích např. několika násobná přejímka	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	Nástroje řízení poruchu téměř jistě odhalí	X	X		Odhalení chyb na pracovišti Automatické měření na pracovišti	2
Téměř jistota	Nástroje řízení odhalí poruchu s jistotou	X			Neshodné součásti se nevyrábějí, prvek byl proti vzniku vad ošetřen	1

Tab. 6. Navržená kritéria hodnocení odhalitelnosti [10].

18) Ukazatel priority Rizika (UPR) Ukazatel priority rizika je součinem závažnosti (Z), výskytu (V) a odhalitelnosti (O):

$$UPR=(Z) \times (V) \times (O)$$

V rámci jednotlivé FMEA se tato hodnota (v rozmezí 1 až 1000) dá použít pro sestavení pořadí problémů návrhů.

19) Doporučená opatření Technické přezkoumání pro přípravu preventivního opatření k nápravě má být zaměřeno nejdříve na vysokou závažnost, vysoké UPR a na jiné týmem určené položky. Záměrem jakéhokoli doporučeného opatření je snížení známek v tomto pořadí: závažnost, výskyt a odhalitelnost.

Je-li závažnost 9 nebo 10, musí se ve všeobecné praxi věnovat zvláštní pozornost řešení rizika stávajícími opatřeními k řízení návrhu nebo preventivními opatřeními bez zřetele k UPR. Ve všech případech, kdy by důsledek identifikovaného potenciálního způsobu závady mohl pro konečného uživatele znamenat nebezpečí, je třeba uvážit preventivní opatření k nápravě, aby se způsob závady zamezil vyloučením, omezením nebo zvládnutím příčin. [3].

Poté co se věnovala zvláštní pozornost hodnocením 9 a 10, věnuje se pozornost ostatním způsobům závad s cílem omezit závažnost, poté výskyt a nakonec odhalení. Měla by se zvážít opatření jako revize geometrie, revize materiálových specifikací, revize plánu zkoušení.

Jen revize návrhu může vést ke snížení známky závažnosti. Snížení známky výskytu se dá docílit jen odstraněním nebo zvládnutím jedné nebo více příčin závady revizí návrhu

- 20) Odpovědnost za doporučená opatření** Zapiše se organizační jednotka a osoba odpovědná za každé doporučené opatření a termín jeho realizace.
- 21) Provedená opatření** jakmile je opatření zavedeno, zapiše se stručný popis jeho provedení a datum účinnosti.
- 22) Výsledky opatření** Po určení preventivního opatření k nápravě se odhadne a napíšou se výsledné známky závažnosti, výskytu a odhalitelnosti. Vypočítá a zapiše se výsledná UPR: Pokud se žádné opatření nepřijímá, nechá se odpovídající sloupec prázdný. Všechny revidované známky se mají přezkoumat. Považuje-li se další opatření za nezbytná, opakuje se analýza. Cílem by mělo být neustálé zlepšování jakosti. [3].
- Technik odpovědný za návrh odpovídá za provedení FMEA nebo přiměřené zajištění všech doporučených opatření. FMEA je živý dokument a má vždy odrážet aktuální stav návrhu i poslední příslušná opatření i takové, která se uskutečnila po zahájení výroby. Technik odpovědný za návrh má několik možností jak zajistit identifikaci problému a realizaci doporučených opatření. Lze to provést zabezpečením plnění požadavků návrhu, přezkoumáním technické dokumentace či technických výkresů atd. [3].

1.5 Systémová FMEA

Nejnovějším vývojovým stupněm metody FMEA je FMEA systémová, popsána v metodice VDA 4.2. U systémové FMEA se používá stejných principů jako u FMEA konstrukce či výrobku, s tím rozdílem, že při analýze současného stavu se důsledně uplatňuje systémový přístup. Výrobek či proces se chápe jako systém skládající se z prvků v různých hierarchických úrovních a u těchto prvků se analyzuje jejich funkce. Možné vady, jejich důsledky a příčiny se pak analyzují jako selhání těchto funkcí. [1].

Systémová FMEA výrobku zkoumá možné vady funkcí celého výrobku. Je-li to potřebné, pokračuje zkoumáním až k vadám dílů, které se analyzují pomocí FMEA konstrukce. Při systémové procesu se proces strukturuje podle zúčastněných prvků (člověk, stroj, materiál, prostředí) a analyzují se možná selhání těchto prvků. V případě potřeby se pokračuje až k analýze možných selhání výrobního zařízení, které se provádí podle FMEA procesu. [1].

Provádění analýzy FMEA konstrukce a procesu jsou i nadále platné a tvoří součást systémové FMEA výrobku či procesu pro nejnižší hierarchickou úroveň systému.

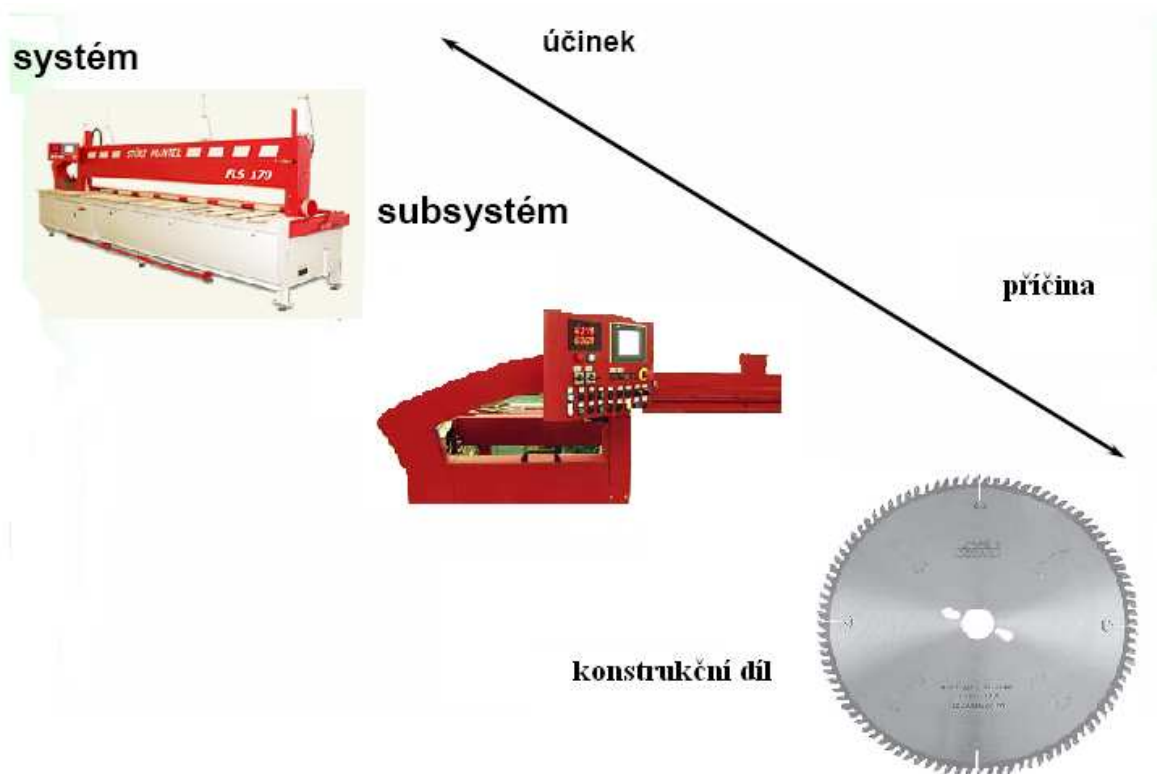
Průběh systémové FMEA probíhá v pěti krocích:

1. Stanovení prvků a struktury systému
2. Stanovení struktury funkcí prvků systému
3. Analýza vad (vadných funkcí prvků systému)
4. Hodnocení rizik
5. Optimalizace

1.5.1 Stanovení prvků a struktury systému

Prvním krokem zpracování systémové FMEA je zpracování hierarchické struktury prvků systému pomocí systematického (stromového) diagramu, ve kterém se navíc doplňují rozhraní, která vymezují prvky systému, které spolu souvisí.

System se skládá z jednotlivých systémových prvků, které jsou hierarchicky uspořádány, podle strukturních souvislostí, jak jsou stanoveny např. konceptem konstrukce výrobku (obr. 3). Stupeň podrobnosti při vytváření systémové struktury je jedinečný pro každou FMEA a nelze ji obecně stanovit. Do jaké míry se musí struktura podrobně analyzovat, závisí na více faktorech. U známých a provozu osvědčených oblastí pozorování je často potřebný nižší stupeň rozpracování detailu než u oblasti zcela nových. Pokud je tedy v určitém stupni detailu dostatečně zajištěno stanovení chybných funkcí tak se zpracování ukončí. Cílem analýzy struktury je přehled o pozorovaném systému, vadách a ohraničení a popis rozhraní. [1].



Obr. 3. Zobrazení konceptu konstrukce výrobku

1.5.2 Stanovení struktury funkcí prvků systému

Zpracovaná struktura prvků systému je spolu se znalostmi o systému a jeho okolí podkladem pro zobrazení struktury funkcí. U každého z prvků systému se rozlišuje vstupní, výstupní a vnitřní funkce. Výstupními funkcemi jsou ty, které prvek rozhraní plní vzhledem k nadřazenému systému, případně k jinému prvku systému přes rozhraní. Vstupními funkcemi jsou ty, které pro daný prvek systému plní podřazené prvky systému, případně jiné prvky přes rozhraní. Jako vnitřní funkce se označují funkce prvku systému, které mohou být ve struktuře funkcí zobrazeny bez překročení rozhraní. [1].

Struktura funkcí prvků systému je podkladem pro další krok systémové FMEA, kterým je analýza vad. Možnými vadami jsou vadné funkce daného prvku systému. Možnými příčinami těchto vad jsou vadné funkce podřazených prvků systému a prvků připojených přes rozhraní. Cílem analýzy funkcí je přehled o funkčnosti produktu a vztah příčiny a následku.

1.5.3 Analýza vad (vadných funkcí prvků systému)

Struktura funkcí prvků systému je podkladem pro další krok systémové FMEA, kterým je analýza vad. Možnými vadami jsou vadné funkce (selhání funkcí) daného prvku systému. Možnými příčinami těchto vad jsou vadné funkce podřazených systému a prvků systému, připojených přes rozhraní, a možnými důsledky těchto vad jsou vadné funkce systému nadřazených prvků systému a prvků připojených přes rozhraní [6].

Stanovení možné vady, možné příčiny vad a možné následky vad se zaznamenávají ve formuláři FMEA, který se svým uspořádáním nepatrně liší od formuláře FMEA návrhu výrobku či procesu. Rozdíl je zejména v tom, že formulář neobsahuje samostatné sloupce pro hodnocení stavu po provedení navrhovaných opatření, neboť toto hodnocení se zaznamenává pod prvotní hodnoty. Nově je ve formuláři zařazen sloupec pro záznam opatření realizovaných k omezení výskytu vady. Kromě základního formuláře je v dané metodice zpracován samostatný formulář pro sledování opatření, ve kterém se zaznamenávají přijatá opatření, a sleduje se míra jejich plnění.

Analýzy systémové FMEA výrobku a procesu se provádějí pro různé hierarchické úrovně systému. To vede k tomu, že dochází k překrývání analýz. Tak například, v systémové FMEA první úrovně jsou vadné funkce určitého prvku systému příčinami vad, v systémové

FMEA druhé úrovně jsou tyto vadné funkce zkoumány jako vady a v systémové FMEA třetí úrovně představují následky vad.

1.5.4 Hodnocení rizik

Dalším krokem systémové FMEA je hodnocení rizik, které se provádí obdobným postupem jako u FMEA návrhu výrobku či procesu. Na základě bodového hodnocení významu vady, pravděpodobnosti výskytu vady a pravděpodobnosti odhalení vady (resp. Příčiny vady nebo jejího následku) se stanoví rizikové číslo. [1].

Význam vady se posuzuje na základě významu vady pro celý systém. Očekávaný výskyt vady se hodnotí s ohledem na všechna použitá opatření k omezení výskytu a charakterizují očekávané množství vadných výrobků. Hodnocení vady zohledňuje všechna použitá opatření k odhalení příčiny vady, případně k odhalení vady nebo jejího následku.

1.5.5 Optimalizace rizik

Posledním krokem optimalizace systémové FMEA je optimalizace. U možných vad s vysokou hodnotou rizikového čísla, případně s vysokou hodnotou některého z dílčích kritérií se navrhuje opatření ke zlepšení. Při optimalizaci výskytu příčin vad by opět měla být dána přednost opatření vedoucím k vyloučení nebo k minimalizaci výskytu příčin vad. Konečné hodnocení se opět zpracovává po realizaci opatření a jeho součástí je pozorování jejich účinnosti pomocí nově stanovené hodnoty rizikového čísla. [1].

2 OSTATNÍ POUŽITÉ NÁSTROJE MANAGEMENTU JAKOSTI

2.1 Týmová práce

2.1.1 Význam týmové práce

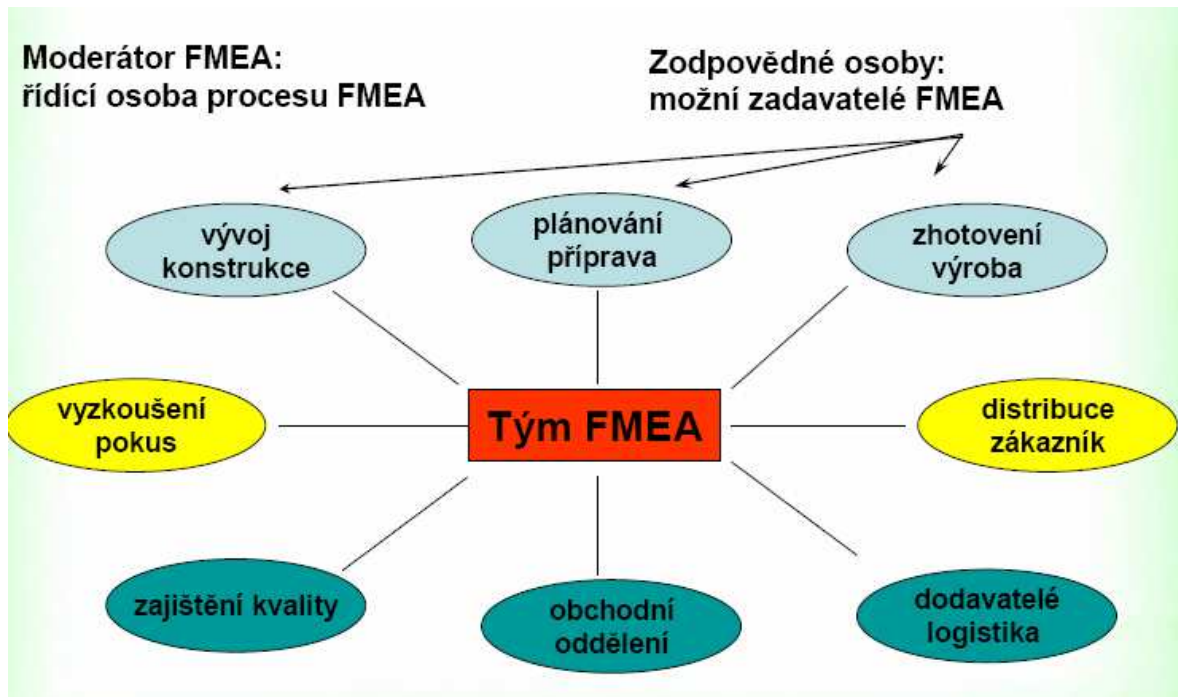
FMEA je metodou, kterou je nutno aplikovat v týmu, neboť její velkou předností je právě využití znalostí celé řady odborníků. V týmu by měli mít své zastoupení pracovníci vývoje konstrukce, technologie, výroby, zkušeben, výroby, útvaru řízení jakosti, servisu, měli by v něm však mít své místo členové ekonomického útvaru zásobování a zákaznické sféry. Lidé často lépe přijímají změny, jestliže jsou do nich od počátku zapojeni. Brání se zejména v případech, kdy změna přichází formou příkazu. Je pro ně pohodlnější pohybovat se v zaběhlých činnostech. Jestliže se stanou jako členové týmu spolu řešiteli problému, bude jejich přístup ke změně pozitivní. Za tým lze pokládat početně omezenou skupinu lidí, kteří na základě komplexní a interdisciplinárně provedené analýzy dospějí k návrhu řešení stanoveného cíle. Složení týmu musí být vždy přizpůsobeno charakteru daného problému. Proto se více než trvale ustavené týmy osvědčují týmy, které jsou k danému řešení speciálně ustaveny. Týmová práce poskytuje celou řadu výhod a jsou pro ni typické některé společné rysy jako např.:

- pohled na problém očima různých odborníků umožní mnohostranné posouzení problému,
- posiluje mezilidské vztahy a loajalitu,
- zvyšuje způsobilost pracovníků tím, že jim zprostředkovává nové poznatky a zkušenosti,
- evokuje uplatnění dosud nevyužitých schopností,
- učí vést diskuse,
- je vynikajícím motivačním nástrojem k projevení ochoty vzájemné spolupráce i lojality k organizaci (uspokojuje potřebu sounáležitosti, uznání i seberealizace).

Mezi důležité aspekty týmové práce patří odborná vyváženost, která v týmu předpokládá zastoupení členů s příslušnými odbornými znalostmi nutných k řešení daného problému a se znalostí organizace i vnějšího podnikatelského prostředí. Pro práci v týmu by měli členové ovládat potřebné analytické a zlepšovací nástroje, techniky a metody řízení jakosti. Pro nalezení účinného řešení je rozhodujícím předpokladem pro nalezení efektivního řešení problému kreativita člena týmu. Vzájemná kombinace tvůrčích schopností (například schopnost analyzovat, systémově myslet, vysoká míra improvizace, originalita návrhů, předvídavost, smysl pro detail, nápaditost a duševní pružnost) výrazně napomůže synergickému efektu. [9].

Dalším důležitým rysem týmové práce je komunikativnost. Ke správné komunikaci ve skupině je důležitý správný výběr lidí do pracovního týmu, a činnost vedoucího pracovníka. Je třeba znát pracovníkovy přednosti i nedostatky. V praxi je nutné dbát na kompenzace zjištěných nedostatků i předností celého kolektivu. Jinými slovy, aby každý člen pracovního týmu měl možnost ukázat své slabé i silné stránky. Přehled týmových rolí představuje různé typy chování, jejichž vzájemná souhra má pomoci k „hladkému“ chodu týmové práce. V týmu se mohou uplatnit pouze lidé, kteří jsou ochotni spolupracovat a jsou schopni se dohodnout, naslouchají názorům druhých, přijímají nové myšlenky, jsou schopni kompromisu i řešit případné konflikty a taktéž motivují ostatní členy týmu.

Optimální počet členů týmu nelze jednoznačně stanovit. Záleží na složitosti a rozsahu projednávaného tématu. Odborná literatura i zkušenosti doporučují obecně optimum v rozpětí 5 až 7 členů. Při velkém počtu členů existuje sílící riziko neshody. V uplatňování týmové práce se objevují i problémy. Je třeba zdůraznit, že za tým nelze považovat běžnou pracovní skupinu z daného pracoviště. Tím by byl potřen požadavek interdisciplinárního posouzení (*obr. 4*). Účinnost týmové práce dále snižuje i snaha sestavit tým s velkým počtem členů, nevhodná skladba týmu a v neposlední řadě i nevhodný čas a místo jednání. [9].



Obr. 4. Struktura týmu

2.1.2 Techniky týmové práce

Pozitivní účinky týmové práce včetně snahy o jejich zvyšování vedly v průběhu času k propracování různých týmových technik, jejichž společným jmenovatelem je podpora kreativity. Některé umožňují soustředit možné nápady k danému problému, jiné jsou zaměřeny na jeho analýzu či na tvorbu variant řešení. Často je doprovází různá forma vizualizace. To umožní spojit logické myšlení s prostorovým, což zpravidla neodpovídá běžnému způsobu řešení problému. V současné praxi je zřejmě nejrozšířenější technikou brainstorming. Vedle něj však existuje celá řada dalších technik, jejichž specifické efekty by měly být v některých případech využity. V následujícím textu jsou podrobněji uvedeny metody brainstorming, brainwriting.

2.1.2.1 Metoda brainstorming

Brainstorming („bouření mozků“) je pokládán za techniku týmové práce, jejímž cílem je soustředění maxima nápadů, myšlenek k danému tématu. Jednotliví členové týmu mají příležitost vyjádřit se k projednávanému problému, vzájemně se doplňovat, vyslovovat jakékoliv myšlenky a tím obohatit základnu potřebných informací verbálního charakteru. Zachycuje proces bohatý na nápady a zároveň oprostěný od jakékoliv kritiky. To umožňuje

všem zúčastněným zapojit se a vyjádřit své názory k danému problému z pozice hledání nových myšlenek. Je-li proces dobře řízen, může být výsledek velmi efektivní. [9].

Doporučená doba trvání se pohybuje okolo dvaceti minut až jedné hodiny v závislosti na projednávaném problému. Praxe brainstormingu ukazuje, že není dobré ukončit diskusi hned poté, co ustává aktivita členů týmu. Moderátor by se v tomto případě měl pokusit o oživení diskuse. Druhá vlna bývá zpravidla intenzivnější, neboť se v ní projevují důsledky synergického efektu vyvolaného předešlou diskusí. Brainstorming se používá v případech, kdy chce tým identifikovat zdrojové příčiny nebo hledá řešení problému. Účelem metody je sestavit co nejvíce hledisek a názorů do mozaiky budoucího řešení. Spolu s brainwritin-gem rozvíjí analytické myšlení a kreativitu, neboť účastníci pracují podvědomě. Úkolem moderátora je rychle a efektivně formulovat poznámky, respektive podněcovat účastníky k diskusi. Strukturovaný brainstorming vyžaduje postupné zapojení všech členů týmu, tradiční přístup ponechává iniciativu na aktivních členech. Na dané téma jsou generovány náměty, které jsou vytvářeny více logicky než s přihlédnutím k úrovni kvality odpovědi. Nekritizují se nápady, výstupem je jejich dostatečný počet a jejich priority lze stanovit dalšími nástroji (např. pomocí Paretova diagramu). Pro hledání originálních a neobvyklých řešení se uplatňuje speciální forma brainstormingu – tzv. „imaginární brainstorming“. Ten navozením fiktivní situace umožňuje vykročit z reality. Tým generuje nápady pro radikálně odlišné (avšak logicky závislé) situace. Soustředěné nápady jsou posléze aplikovány na reálný problém. Nápady pak zvyšují šanci na „rozbití“ navykých postupů, praxí a způsobů myšlení.

Metodika brainstormingu:

- definování problému,
- sestavení týmu (zde hraje významnou roli optimální počet členů v týmu – je-li nízký, chybí často asociativní potenciál; je-li vysoký, hrozí riziko vzniku rozporů a následné nedohody),
- moderátor seznámí ostatní členy týmu s problémem a pravidly,
- navození tvůrčí atmosféry (odpovědnost přebírá moderátor, který problém uvede, dává impulsy ke komunikaci a k rozvíjení nápadů, hlídá směr diskuse),

- shromažďování nápadů (je nutno zvolit způsob zaznamenávání – audio záznam, flipchart, fólie, ...),
- objasňování nápadů (je nezbytné ke kolektivnímu pochopení prezentovaných myšlenek a k vysvětlení nejasností),
- vypracování přehledu nápadů ve strukturované podobě (např. co lze okamžitě realizovat a co ne).

2.1.2.2 *Metoda brainwriting*

Brainwriting je technika týmové práce, jejímž cílem je soustředění maxima nápadů v krátkém časovém intervalu při využití písemné formy. Byla odvozena od brainstormingu. Avšak umožňuje lépe se uplatnit jedincům, kteří mají potíže s verbální komunikací. V této technice jsou zapojeni všichni členové týmu (každý se stává aktivním účastníkem). Technika má svá pravidla, která musí tým respektovat. Obecně jde o postup „Writing & Sticking“, psaní kartiček a jejich následné „vylepování“ (předložení před oči účastníků). Kartičky jsou tříděny, objasňovány, doplňovány a komentovány. Každý vidí návrhy druhých a může se jimi inspirovat. Pro zápis myšlenek na karty je doporučováno pravidlo „1 – 3 – 7“ (jeden námět, maximálně tři řádky a maximálně sedm slov). To nutí k jasné a stručnému vyjadřování. I brainwriting může mít speciální podoby, které vnášejí do techniky pozitivní efekty. Tak např. Metoda 635 (šest účastníků, každý tři nápady, pět minut na zapsání), při níž se vyplněné karty nechají kolovat a každý účastník má možnost rozvinout, ohraničit či navrhnout další alternativy k uvedeným myšlenkám (má opět tři možnosti v časovém termínu pěti minut) a poté předá dalším. Tato forma omezuje nebezpečí vzniku konfliktů a minimalizuje riziko prosazení vůdčí role jedince. Výsledkem je pak vyplnění šesti formulářů, které jsou společně analyzovány a vyhodnocovány. Dalším příkladem je technika Collective-Notebook-Method, jejíž nespornou výhodou je neomezený počet účastníků a místní i časová nevázanost členů týmu. Tým se nemusí v průběhu shromažďování námětů scházet, členové je tvoří samostatně a sdělují je ostatním prostřednictvím elektronického spojení (notebook). Na závěrečném týmovém posouzení jsou společně diskutovány výsledky a přijaty závěry [9].

Metodika brainwritingu

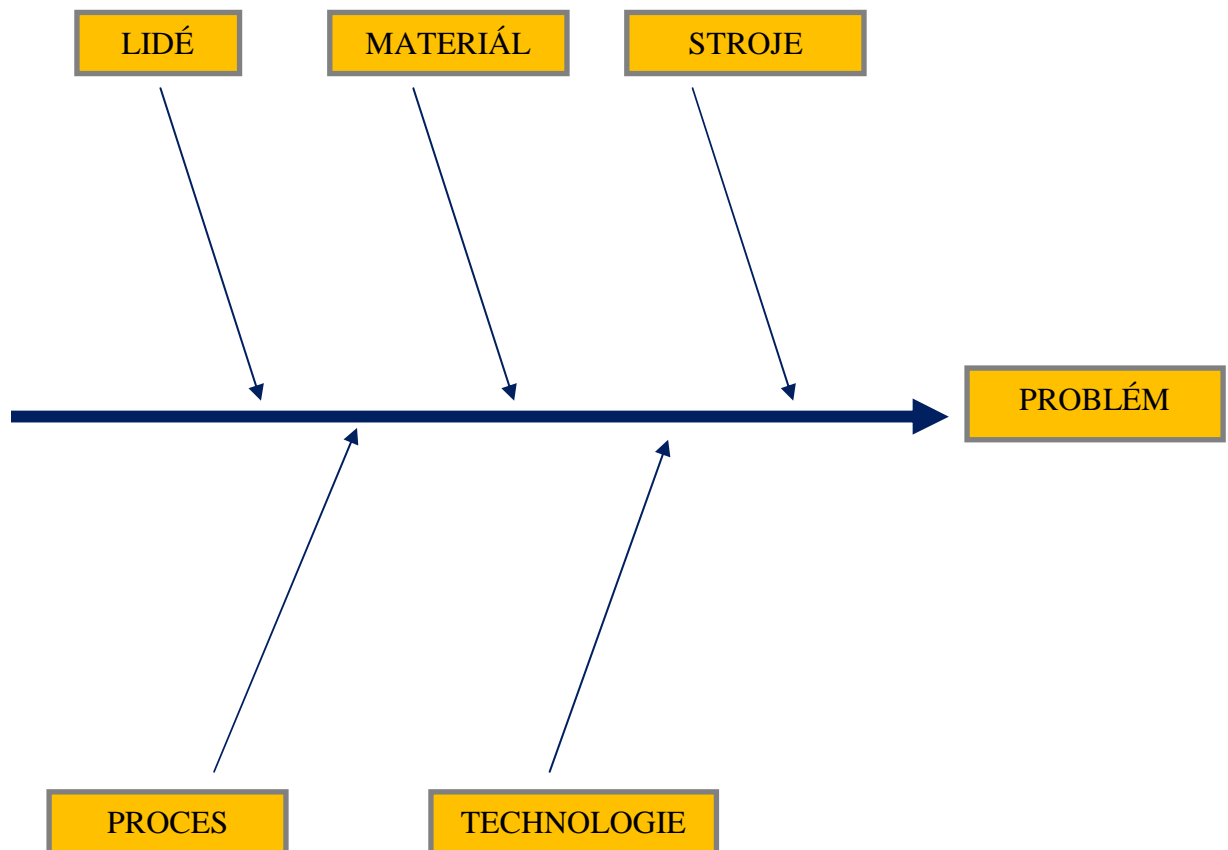
- definování problému,
- formování týmu,
- psaní námětů na karty,
- rozvinutí námětů členy týmu,
- týmové vyhodnocení,

Identifikace příležitostí pro zlepšování je pouze jedním z předpokladů úspěchu. Využít je znamená identifikovat rozhodující faktory (příčiny) a přijmout řešení včetně cílových ukazatelů výkonnosti. To je nad rámec brainstormingu, respektive brainwritingu, které řeší pouze první fázi – soustředit maximum nápadů.

2.2 Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následku (*obr. 5*) je důležitým grafickým nástrojem pro analýzu všech příčin určitého následku (problému s jakostí). Označuje se rovněž jako Ishikawův diagram, podle japonského odborníka Kaoru Ishikawy, který ho poprvé použil v roce 1943, nebo jako diagram rybí kosti, podle svého tvaru. Příčiny bývají většinou členěny v souladu se Shewhartovým pojetím procesu (stroje, metody, prostředí, materiály, měření a lidé). Tento přístup je běžný zvláště v průmyslových aplikacích. Naproti tomu speciální (například technologické) problémy pochopitelně nemusí všechny zmíněné typy příčin pokrývat, ale přihlížejí k jiným stěžejním pro řešení problému. Následek, který je obvykle lokalizován v pravé části diagramu, obsahuje vždy stručnou specifikaci problému, který se má řešit; tato část diagramu bývá nazývána také „rybí hlava“. Nalevo od ní se zobrazují jednotlivé hlavní příčiny a odvozené dílčí příčiny. Každá ze sub-příčin je uváděna do relace v pořadí, které odpovídá úrovni ovlivnění hlavní příčiny. Je pravda, že diagram příčin a následku může být konstruován jediným pracovníkem, ale mnohem výhodnější je využít týmu pracovníků, kteří se s řešeným problémem často setkávají, a uplatnit tzv. brainstorming. Každý ze zúčastněných může tak svými zkušenostmi přispět k obohacení výčtu příčin a sub-příčin, a tak se minimalizuje možnost opomenutí některé z nich v celkových úvahách směřujících v prvním kroku k určení všech příčin, které mohou objasnit, proč je chování procesu právě takové, jaké je nyní. Pochopitelně použití diagramu příčin a následku se neomezuje jen na výrobní sféru a řešení otázek útvaru managementu jakosti, ale lze jej aplikovat při řešení

všech problémů, které se objevují v administrativě, v zásobování, přepravě, marketingu, či laboratořích. [8].



Obr. 5. Diagram Příčin a následků

2.3 Vývojový diagram

Vývojový diagram slouží k názornému grafickému zobrazení posloupnosti a vzájemné návaznosti všech kroků určitého procesu. Jeho zpracování je důležitým východiskem ke zlepšování procesu, a tedy i jakosti. Lze ho využít k popisu jakéhokoli procesu, přičemž se může jednat jak o existující tak navrhovaný proces.

Cílem vývojového diagramu je zobrazení činností, souslednosti operací, návaznosti úkonů, důležitých rozhodování založeného na alternativních výstupech atd. K jeho konstrukci se používá symbolů původně připravených pro popis algoritmů u výpočetních programů (viz norma ČSN ISO 5807:1996). Pochopitelně pro vnitřní potřebu podniku lze zavést další

symboly, případně pravidla, která příslušný proces nebo datovou specifikaci lépe charakterizují. [8].

Před vlastní konstrukcí vývojového diagramu je nutno si uvědomit základní charakter zobrazovaného procesu. Ve většině případů se jedná o uzavřené systémy, a ty vyžadují své ohraničení, které je dáno začátkem (zahájením, vstupem apod.) a koncem (výstupem, ukončením apod.). Podobný charakter budou mít vazby s návaznými procesy a tyto body budou charakterizovány např. přechodovými pravidly z jednoho podsystému do druhého, dokonce i s možností návratu do původního podsystému. Pro složitější systémy je důležité právě vytknutí těchto uzlových bodů, které často nemusí mít pouze alternativní výstup (např. typu ANO – NE), ale vícenásobný výstup. Obvyklým požadavkem je, aby návrh vývojového diagramu především u složitých procesů – posoudili především ti, kteří s ním budou pracovat. Ti nejlépe mohou přispět k lepšímu porozumění přechodům a hlavně k odstranění míst, která mohou nepříznivě ovlivnit vlastní výstup procesu. Je pochopitelné, že diagram nesmí narušovat vlastní souslednost kroků a současně nesmí – s cílem zjednodušit vlastní proces – ignorovat operace, které se zdají být náročně zobrazitelné. U složitějších diagramů nelze rovněž zobrazovat pouze izolované části procesů (celý diagram by měl být umístěn na jedné stránce), pokud tyto části nemají jednoznačně definované začátky a konce. Obecně platí, že úroveň podrobností by měla být vždy taková, aby různé části a vzájemné vztahy mezi nimi byly srozumitelné jako celek.[8].

Základním záměrem vývojových diagramů je umožnit shrnutí obvykle obsáhlého slovního popisu postupů a operací do graficky jednoduché a jednoznačné formy, jejíž náplň je díky obsahově známé terminologii nebo známým symbolům zcela srozumitelná všem, kteří tento diagram budou využívat. Tam, kde diagram zahrnuje i vymezení zodpovědnosti, má být snadno zjištělná nejen odpovědnost za danou činnost, ale i celá posloupnost těchto odpovědností. Tyto diagramy jsou svojí formou a přístupností důležitou pomůckou i pro školení nových zaměstnanců.[8].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 FIRMA STÖRI MANTEL S.R.O.

Česko-švýcarská výrobní společnost Störi Mantel s.r.o. působí na českém trhu v oboru vývoje, výroby a prodeje dřevoobráběcích strojů od roku 1995.

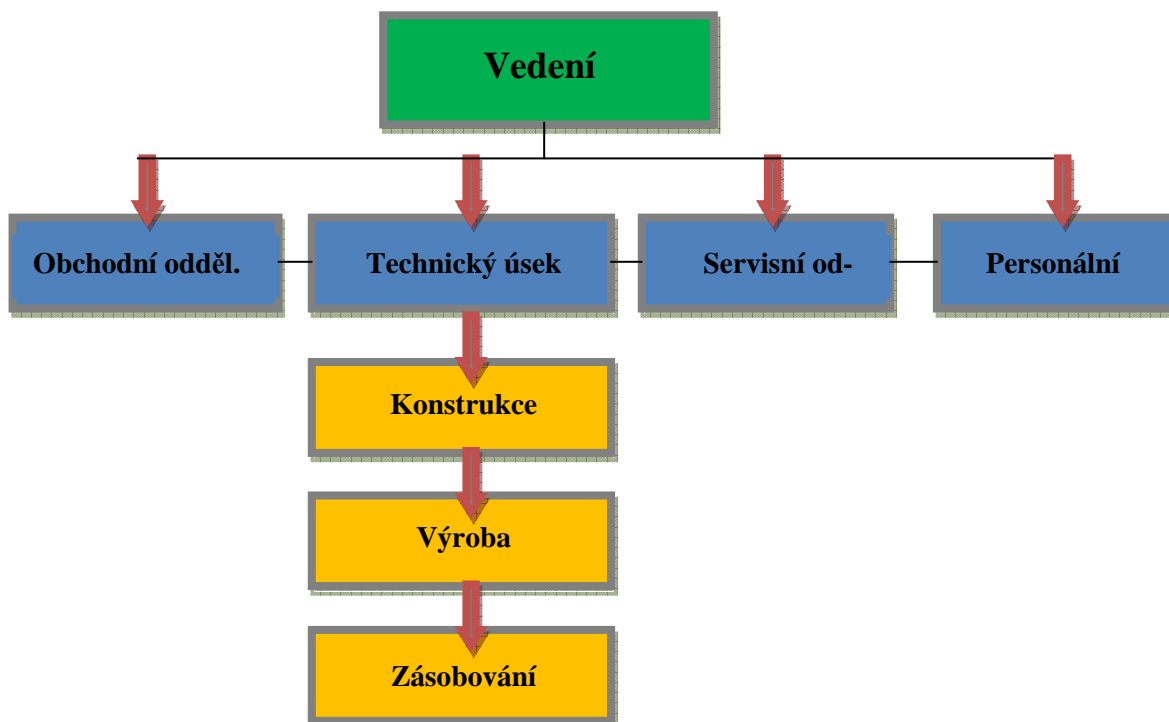
Ve svém výrobním závodě v Rožnově pod Radhoštěm navazuje na zkušenosti a tradici švýcarské firmy Störi & Co, kterou v roce 1947 založil její zakladatel Fritz Störi sen. Hlavní výrobní program v nově založené společnosti navázal na předchozí výrobu tzv. pily dlouhého řezu s plovoucím agregátem. [13].

Precizním konstrukčním a výrobním zpracováním a kvalitou samotných výrobků docházelo k postupnému navyšování výroby a k vývoji nových strojů a zařízení (zkracovací pily, optimalizační zkracovací pily, kompletní technologie pro výrobu palet, stejně jako další technologické linky, a to nejen pro oblast dřevozpracujícího průmyslu).

Firma Störi Mantel s.r.o. se zabývá nejen výrobou dřevoobráběcích strojů, ale nabízí rovněž odborné poradenství pro své zákazníky spojené s komplexní dodávkou požadovaných technologických celků na zpracování masivního dřeva. Pro dosažení tohoto cíle, byla v r. 2003 založená skupina Bohemia Line, která spojuje čtyři významné české výrobce dřevoobráběcích strojů. Jejím cílem je přes provázanost výrobních programů u jednotlivých subjektů dodat zákazníkovi ucelenou technologii na zpracování masivního dřeva.

V současné době firma se firma (*obr. 6*) zabývá produkcí Formátovacích a rozmítacích pil, Optimalizačních pil, Automatických krátících pil, Pod-stolních krátících pil a automatů na výrobu palet.

Výrobní areál společnosti v Rožnově pod Radhoštěm se rozkládá na ploše přes 3.000 m² a v současnosti firma zaměstnává téměř 50 pracovníků a disponuje vlastním konstrukčním a vývojovým oddělením. Společnost představuje největšího tuzemského výrobce a exportéra v oboru jednokotoučových rozmítacích pil. Kromě samotné výroby se soustřeďuje také na technický vývoj stávajících i nových kotoučových pil a odborné poradenství především v oblasti řezání a dalšího zpracování dřeva. V celém světě dnes pracuje téměř 1000 vyrobených strojů vyrobených firmou Störi Mantel s.r.o. [13]



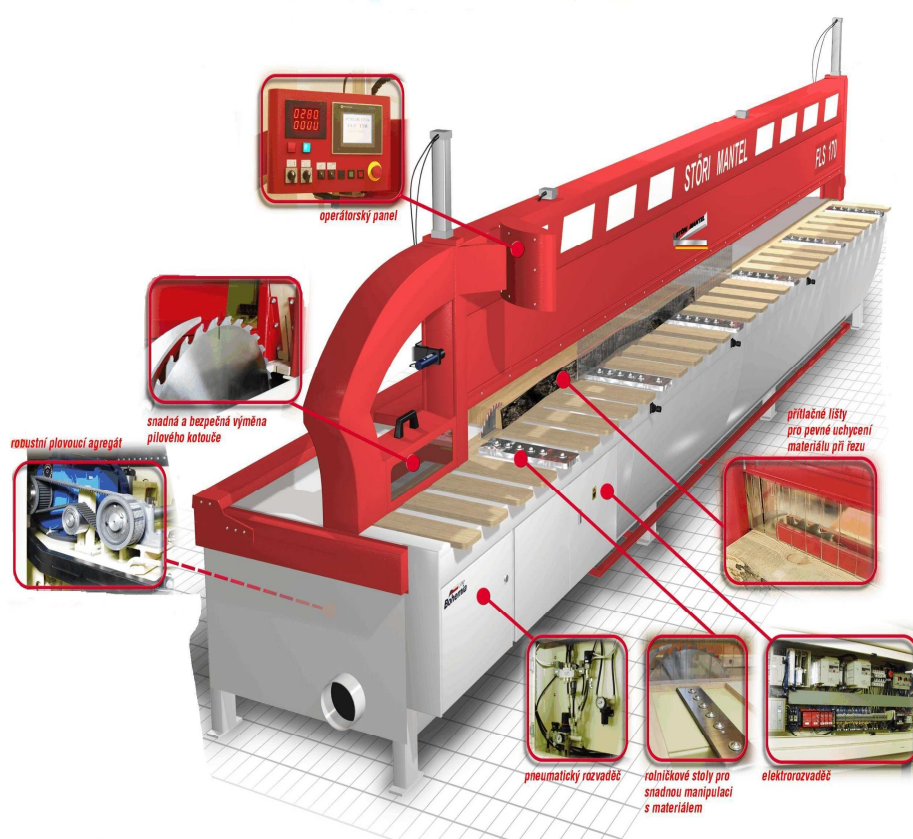
Obr. 6. Organizační struktura společnosti Störi Mantel s.r.o.

4 ROZMÍTACÍ PILA FLS 170 S OPTIMALIZACÍ

Technologie zpracování masivního dřeva s použitím jednokotoučové rozmítací pily FLS 170 (obr. 7) výrazně zvyšuje výtěžnost a zhodnocuje kvalitu dřevní hmoty. Důraz je dán na kvalitu řezu a jednoduchost obsluhy. Vysoce univerzální pila FLS 170 nachází své uplatnění jak ve středních, tak i ve velkých a malých provozech. Na pile FLS 170 lze rozřezávat prizmata, fošny, hranoly a velkoplošný materiál. Vstupní materiály lze omítat, rozmítat, formátovat, vyrábět přířezy a lamely. Rovněž je možné řezat šikmo a na pokos. Výhodou stroje je vysoká rychlost a přesnost jednotlivých řezů a vysoký stupeň flexibility vstupních a výstupních rozměrů zpracovaného materiálu.

Použití pily FLS 170 je vhodné pro tyto provozy:

- v pilařské výrobě
- v nábytkářských dílnách
- při výrobě polotovarů na okna, dveře a schodiště
- při zpracování velkoplošných materiálů



Obr. 7. Rozmítací pila FLS 170

4.1 Technologie řezu

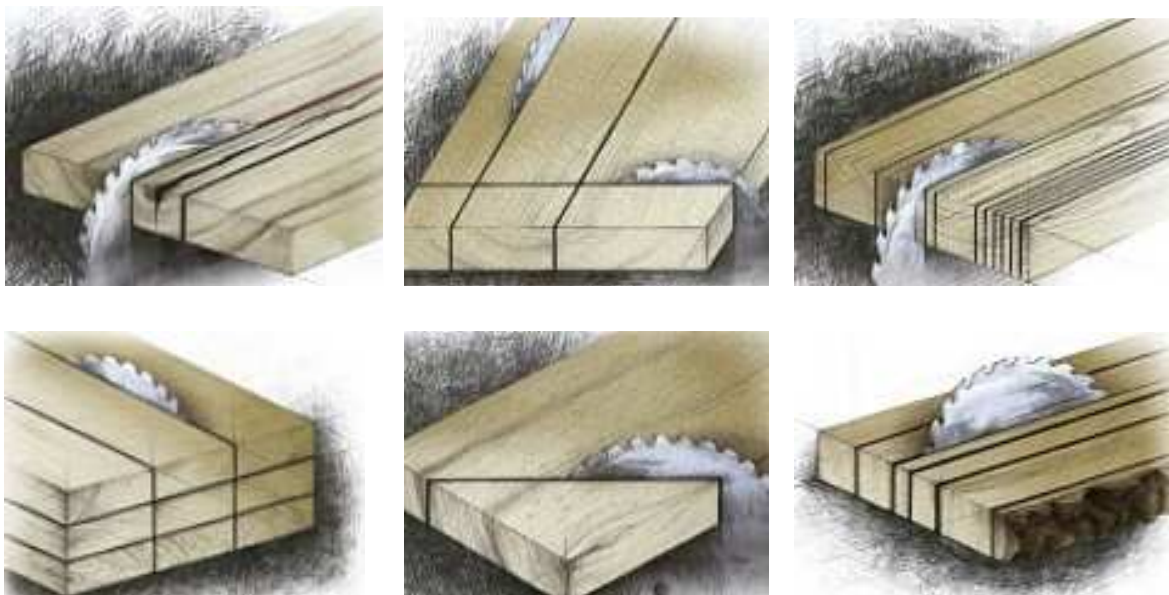
Řezaný materiál je volně usazený na pracovním stole, je podélně rozřezáván posuvným pilovým kotoučem. Po skončení řezu (*obr. 8*) se pilový kotouč zasouvá pod pracovní stůl pily a přejíždí do výchozí polohy. Zadní podélný doraz (pravítko) současně automaticky přesouvá řezaný materiál na novou hodnotu šířky řezu. Zadní doraz stroje umožňuje snadné a rychlé nastavení šířky řezu. Hodnoty lze automaticky volit pomocí tří programových systémů:

Absolutní nastavení – umožní automatický dojezd na zvolenou hodnotu šířky řezu

Řetězové nastavení – automatický posuv o zadanou hodnotu (úbytek z celkové šířky + řezná spára)

Optimalizační systém – automatické kombinace šířek v jednom materiálu podle obsluhou předvolených hodnot (optimalizace šířky na maximální výtěž)

Všechny typy řízení jsou obsaženy ve standardním provedení stroje. Plynule regulovatelný posuv kotouče rychlostí 1–80 m/min. garantuje vysoký řezný výkon. Regulace zdvihu kotouče zaručuje čistou a kvalitní řezanou plochu. Výměna pilového kotouče probíhá snadno a bezpečně s možností rychloupínání pilového kotouče. Pílu je možno vybavit laserem, jehož paprsek vyznačuje na materiálu řeznou dráhu a umožní přesné nastavení řezu.



Obr. 8. Základní linie zpracování dřeva

4.1.1 Technické parametry stroje FLS 170

Výška řezu	standart 0-170mm speciál až 300mm
Délka řezu	standart 2,2 až 9,2 m speciál až 16,2 m
Šířka řezu	standart 450 mm speciál až 3000 mm
Přesnost řezu	±0,5 mm
Minimální řezná šířka	10 mm
Motor	11 až 15 kW
Pilový list (průměr)	350 až 550 mm
Upínací průměr kotouče	80 mm
Posuv řezu	Plynule říditelný 0-80m/min
Pracovní výška	850±50mm
Hrdlo odsávacího tunelu	160 mm
Potřebná odsávací rychlost	25 až 30m/s

Tab. 7. Technické parametry stroje

5 POSTUP APLIKACE METODY FMEA

5.1 Fáze přípravy

5.1.1 Úvod

V praktické části diplomové práce se zabýváme řešením problému Optimalizace technologie výroby svařovaného rámu pro Rozmítací pilu FLS 170 vyráběnou firmou Störi Mantel s.r.o. v Rožnově pod Radhoštěm.

Důvodem aplikace metody FMEA byl požadavek vedení firmy na optimalizaci výroby pily FSL 170 kvůli snížení rizik vzniku vad a možných následných reklamací požadovaných zákazníkem, stanovení efektivní kontrolní činnosti a možnosti snížení nákladů výroby.

Pro řešení daného problému byla použita procesní metoda FMEA. Tato metoda se často využívá ve vývoji při otázkách spojených s vyrobiteľností a montáží nového produktu. Aplikace metody FMEA obsahuje několik kroků a to v úvodní fázi přípravy, sestavení řešitelského týmu, stanovení hlavních funkčních požadavků kladených na rám stroje a také získání všech dostupných informací, které souvisí s řešeným problémem.

Aplikace metody FMEA byla použita pro optimalizaci technologického postupu výroby rámu pily FLS 170. Dalším krokem bylo vytvoření vývojového diagramu technologického postupu výroby vycházejících z výkresu rámu stroje spolu s kusovníkem a informací týmu FMEA. Pak následovalo sestavení Diagramu příčin a následků, který v úvodu naznačuje, do jakých oblastí by měla být zaměřena vyšší pozornost týmu.

Dále následovalo samotné sestavení formuláře metody FMEA metodou brainstormingu. To se skládá z tří základních fází a to zjištění současného stavu, návrh nápravných opatření a jejich aplikace spolu s konečným zhodnocením přínosu.

5.1.2 Sestavení týmu

Prvním krokem při aplikaci metody FMEA je vždy sestavení vhodného řešitelského týmu, protože metoda FMEA je analytickou metodou používanou týmem. Je tedy nutné před začátkem řešení každého vzniklého problému sestavit tým skládající se z odporníku, zabývajících se danou problematikou v našem případě ať již po stránce technologické či konstrukční. Protože v tomto případě se jednalo o řešení optimalizace technologie výroby svařovaného rámu rozmítací pily FLS 170 tak se tým skládal z pana Goralčíka, který je ve firmě Störi Mantel s.r.o. odpovědný za chod technického a výrobního úseku a zastává ve firmě funkci manažera kvality. Zabývá se řešením problému vzniklých při výrobě jak z konstrukční tak i technologické stránky a také odpovídá za personální obsazení při výrobě. Jeho úlohou v týmu bylo personální zajištění, řešení vzniklých konfliktů a přínos informací a zkušenosti pro řešení problému. Dalším členem týmu byl technolog, pan Škrobák, ten se ve firmě zabývá vypracováváním technologických postupů pro výrobu rámu jednotlivých strojů a je zodpovědný za správnou výrobu rámu a montáž jednotlivých komponent celkové sestavy dřevozpracujícího stroje. Jeho úlohou v týmu bylo poskytnout všechny dostupné informace a pracovní podklady, seznámení s nimi ostatní členy týmu a také předání zkušenosti s výrobou a výrobkem. Tak byly v týmu zastoupeny profese, které jsou v přímém kontaktu s konstrukcí i výrobou rámu stroje a jsou schopný a oprávněny provádět případné změny konceptu výroby.

Mým úkolem bylo seznámit ostatní členy týmu s metodou FMEA jejím použitím a postupem zpracování a organizací, protože firma Störi Mantel s.r.o. tuto techniku pro řešení problému a analýzu potenciálních závad nikdy předtím nepoužívala a také vedením a zpracováním vzniklé dokumentace projektu.

5.1.3 Stanovení hlavních funkčních požadavky rámu stroje FLS 170

Dalším důležitým krokem je určení, požadavků a kritérii hodnocení kvality koncového uživatele tedy zákazníka na vyráběný produkt. V tomto kroku se stanoví základní parametry a funkce, které každý zákazník či uživatel od produktu vyžaduje a jejich nenaplnění znamená zklamání jeho důvěry a vede k reklamaci či k neprodejnosti produktu. Jelikož v tomto případě byla metoda FMEA aplikována při technologii výroby rámu tak se tyto kritéria vztahují pouze na konkrétní rám stroje a jeho funkční předpoklady a ostatní části

stroje nezbytné pro jeho správnou funkci jsou zanedbány. V tomto kroku je také naznačeno hlavní očekávání a cíl projektu

Rám stroje

Funkce: Tvoří spolehlivou nosnou základnu konstrukce pro upevnění všech prvků stroje (motor, elektrické rozvody atd.)

Požadavky: Dokonalá tuhost, odolnost proti deformaci, odolnosti proti vibracím a rázům vznikajícím při běžném provozu zařízení.

Možné způsoby poruch: Nevyhovující geometrie konstrukce ať již se jedná o celkové rozměry nebo vzájemnou polohu jednotlivých svařovaných a montovaných profilů rámu.

Nevyhovující tuhost rámu a snížená odolnost proti vibracím zapříčiněná provedením nekvalitních operacemi svařování a montáž profilů

Nevhodné vizuální provedení. Při následující operaci lakování dochází k odlupování nebo degradaci laku vlivem špatného začištění svarů či otřepů.

Cíle návrhu: Optimalizace výroby rámu tj. odhalení možných poruch vznikajících při výrobě, snaha o jejich snížení a prevenci výskytu a také možné snížení nákladů výroby

5.1.4 Technologie výroby Rozmítací pily FLS 170

Před samotnou realizací projektu je důležité plně porozumět postupu technologického procesu. Je důležité zmapování všech výrobních fází a seznámení týmu s technologií a technologickým postupem výroby k čemuž slouží vývojový diagram technologie. (*obr. 12*)

Technologický postup výroby Rozmítací pily FLS 170 vyráběné firmou Störi Mantel s.r.o. obsahuje pět základních kroků. V prvním kroku jsou profily z materiálu třídy 11 375, 11 523 a hliníku ve formě podélných ocelových desek a profilů tenkostěnné čtvercového či obdélníkového průřezu pro výrobu rámu stroje dopraveny do dělírny. Po vstupní kvalitativní a kvantitativní kontrole materiálu následuje měření rozměrů polotovarů podle výrobního výkresu a v dělárně kovového materiálu jsou profily řezány na předem požadované rozměry. Pro tuto operaci jsou používány pásové pily, které jsou schopny natáčení ramene pro úhlové řezy vpravo i vlevo, nebo kotoučové pily pro řezání přímých řezů profilů menších rozměrů.

Dále následuje operace odhrotování pro odstranění otřepů vzniklých při dělení materiálu. Použitý odjehlovací stroj je ve sloupovém provedení. Pro očištění materiálu je využito speciálního kotouče, který je upevněn k ose hřídele v uzavřeném prostoru. Materiál je ke kotouči přisouván bočním otvorem a opírá se o stůl. Postupným otáčením zpracovávaného předmětu se docílí rovnoměrného odstranění otřepů. V tomto oddělení se také provádějí operace vrtání, k čemuž se využívají sloupové vrtačky, řezání závitů, broušení a další zámečnické práce tak jak to vyžaduje technologický postup.



Obr. 9. Svařování rámu

Takto připravené profily jsou po kontrole přemístěny ke svařování. (obr. 9) Nejprve jsou svařované profily upnuty pomocí upínek a poté se měří jejich vzájemná poloha kolmost rovinnost. Pro svařování profilů rámu, se používá technologie svařování elektrickým obloukem. Zdrojem tepelné energie při svařování je v tomto případě elektrický obloukový výboj, který vzniká mezi elektrodou a svařovaným materiálem.

Používá se zde ruční svařování obalenou elektrodou. Ty se skládají z jádra a z obalu elektrody. Jádro elektrody tvoří drát průměru 1,6 2,2 4,0 5,0 a 6,0 mm, a podle složení obalu se dělí elektrody na stabilizační, bazický, rutilové. Zde se používají bazické, nebo rutilové. Obal elektrody zde plní funkcí ochrany svaru před přístupem vzdušného kyslíku a dusíky, kdy z obalu elektrody při hoření vznikají plyny, které tvoří ochranou atmosféru svaru.

Svářeč zde vede elektrický oblouk ručně a musí postupovat tak, že elektroda je mírně skloněná proti svarové housence, aby roztavená struska nepředbíhala elektrický oblouk a ne-

způsobovala struskové vměstky ve svarovém kovu (vada svaru). Délka elektrického oblouku se používá přibližně rovna průměru jádra elektrody.



Obr. 10. Svařený rám

K zakončení svarové housenky se postupuje takovým postupem, aby nedošlo ke vzniku staženiny v koncovém kráteru. Pro svářeče to znamená, že musí v koncovém kráteru při odtavení svarového kovu provést ještě zatočení se s obloukem a odtavit ještě určité množství svarového kovu, aby bylo ještě z čeho doplňovat svarový kov a zabránit tak vzniku staženiny.

Po skončení operace svařování se provádí kontrola kompletnosti rámu a vizuální kontrola kvality svarů a provádí se dodatečné začištění povrchu. (*obr. 10*) Hotový svařenec rámu má velikost 6060 x 1100 x 735 mm.

V tomto oddělení jsou také k již svařenému rámu montovány ocelové profily, které slouží jako nosníky pantů dvířek pro přístup k pneumatickým rozvodům. Jedná se o šest profilů s rozměry 100x10x710 (mm) z materiálu 11 373, které jsou vždy na sedmi místech šroubovým spojem spojeny se základním rámem.

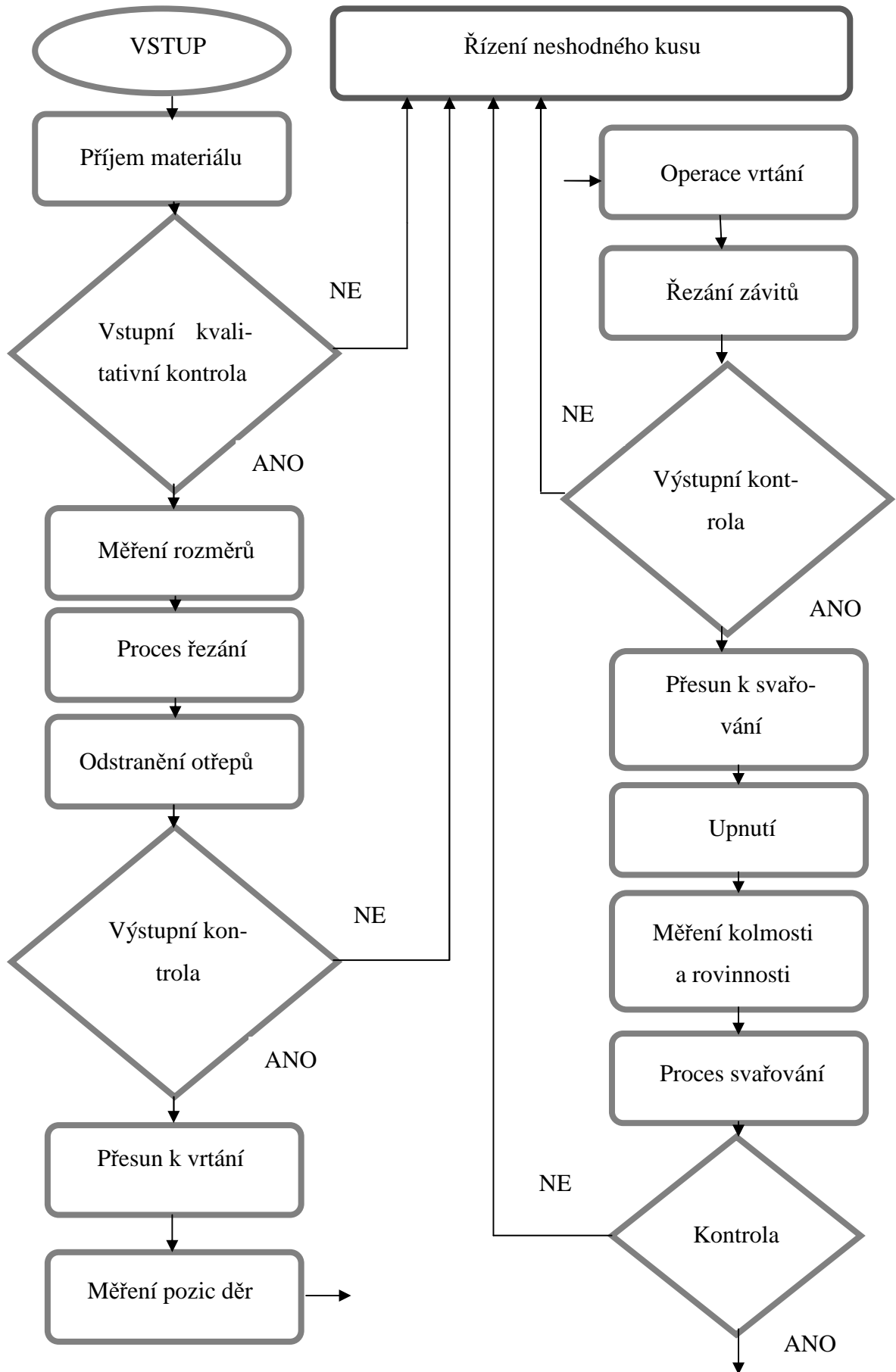
Svařený a očištěný rám stroje se přemístí do lakovny, kde se technologií vzduchového stříkání vytváří ochranný nátěr rámu stroje. Tato technologie, se využívá hlavně pro dosažení maximální kvality povrchu. Zařízení pro vzduchové stříkání používá pro atomizaci barvy velký objem vzduchu při tlacích 2-7 bar (20-70kPa). Výsledkem je velmi dobré rozprášení barvy, ale bohužel i vyšší přestřík (vysoké ztráty barvy rozptýlené do okolí) a tedy nutnost odsávání v dílně. Po provedení nástřiku se barva nechá nějakou dobu zaschnout a poté je rám stroje přichystán pro montáž jednotlivých funkčních komponentů stroje.

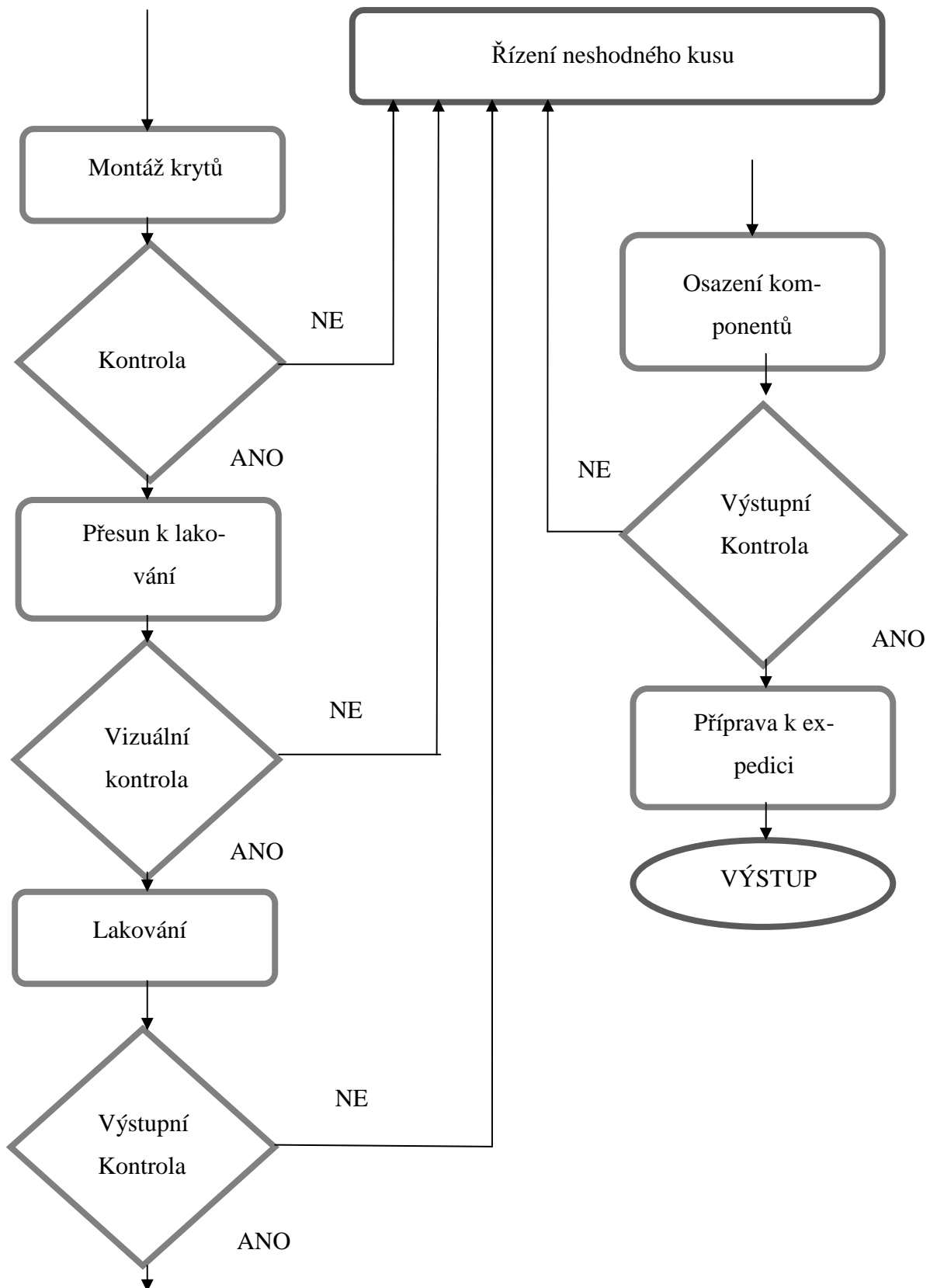
Poslední operací při výrobě stroje je montáž a osazení rámu stroje. (*obr. 11*) V této fázi dochází k montáži elektrického pohonu, k rozvodu kabeláže pro elektroinstalaci a prvky pneumatického rozvodu. Následuje montáž přítlačné lišty pro pevné uchycení materiálu při řezu a jednotlivých krytů stroje. Poté se provede montáž ovládacího panelu stroje a pilového listu.

Na závěr probíhá zkoušení a odladění ovládacího a řídicího systému stroje a testují se jednotlivé funkce stroje.



Obr. 11. Nalakovaný rám stroje

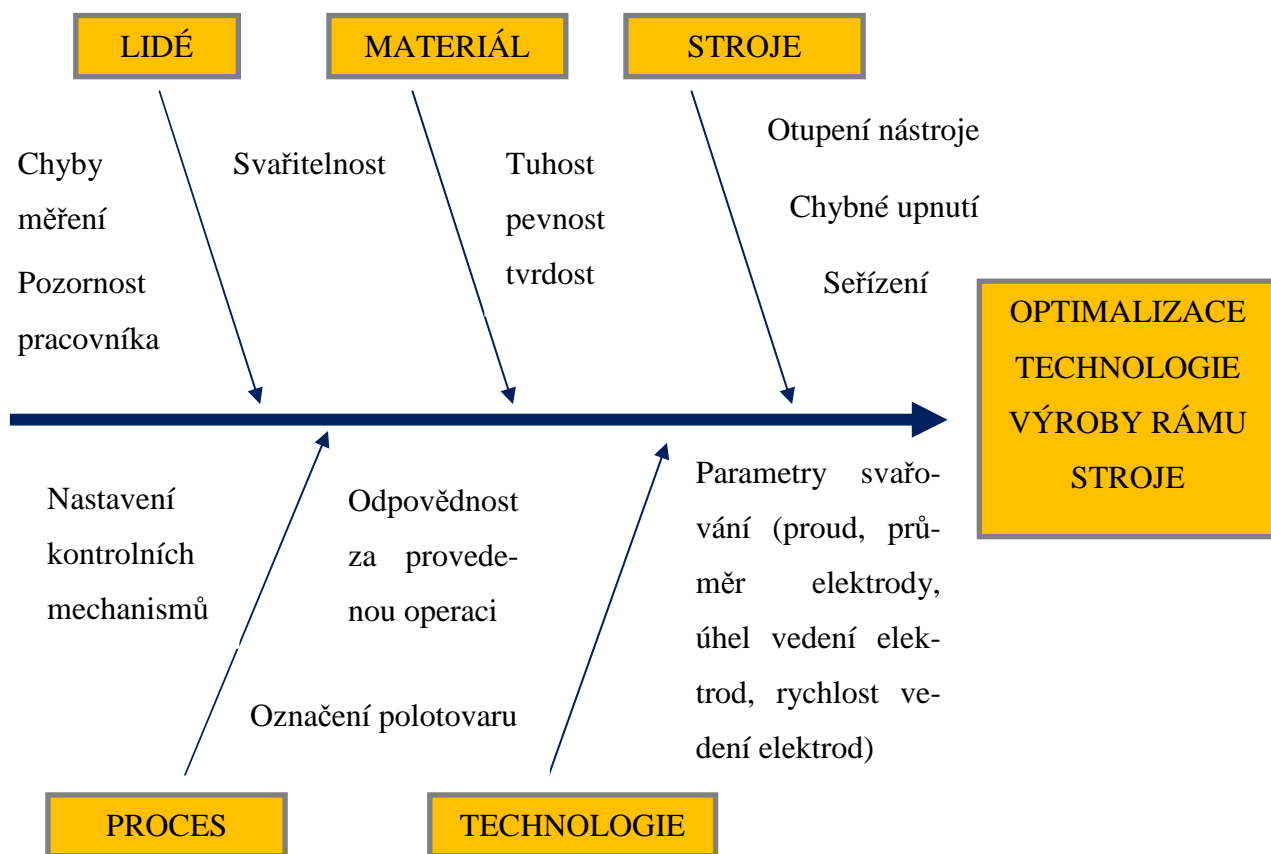




Obr. 12. Technologický postup výroby Rozmítací pily FLS 170S

5.1.5 Aplikace Diagramu příčin a následku při technologii výroby rámu stroje

Při aplikaci metody FMEA se často v úvodu projektu před samotným vyplňováním formuláře využívá Diagram Příčin a následku tzv. Diagram rybí kosti. (obr. 13) Hlavu takto vytvořené pomyslné kostry ryby tvoří vzniklý problém v tomto případě je to Optimalizace technologie výroby Rozmítací pily FLS 170. Jednotlivé páteřní kosti tvoří Lidé, Materiál, Stroje, Metody a Technologie, tedy hlavní oblasti, kde hledáme možné příčiny vzniku problému. Také v tomto případě byly pomocí diagramu odhaleny hlavní příčiny neshod, jako jsou např. v oblasti Lidé chyby měření či menší pozornost pracovníka nebo v oblasti Technologie nevhodné technologické podmínky při operaci svařování i dělení materiálu. Použití diagramu bylo užitečné v tom, že ukázalo týmu oblasti, které lze považovat za zdroje možných poruch a na které by měla být soustředěná zvýšená pozornost při samotné metodě FMEA.



Obr. 13. Diagram příčin a následků

5.2 Fáze aplikace metody FMEA

5.2.1 Analýza a hodnocení současněho stavu

Po provedení přípravné fáze aplikace metody FMEA, tým přikročil k samotnému sestavování formuláře pro metodu FMEA. Do první kolonky **Prvek/Funkce** byly vypsány jednotlivé operace technologie výroby rámu stroje, tak jak jdou chronologicky za sebou podle technologického postupu, tzn. dělení a příprava polotovarů, dále zámečnické operace vrtání děr a řezání závitů až po operace svařování a montáž profilů.

Poté byly u každé operace detekovány **Možné vady**, které jednotliví členové týmu navrhli, a které by se při operaci mohly vyskytnout. Při tom platí pravidlo, že se vyhodnocují všechny možné vady i ty, které se na první pohled zdají nevýznamné nebo se vyskytují jen velice zřídka. U operace dělení profilů to jsou vady jako nesprávná délka řezaných profilů, nesprávný úhel řezu, otřepy či ostré hrany řezaných polotovarů. U operace vrtání a řezání závitů to jsou vady nesprávná poloha díry, její velikost či hloubka, další možnou vadou je poškození závitu nebo jeho úplná absence. U operace svařování byly nejčastější vady nalezeny v poruchách samotného svaru, jako je neprovařený svar, rozstřík, či trhlinky ve svaru atd. Při poslední operaci montáž byla mimo jiných, méně významných vad typu chybějící spojovací materiál či nedostatečné dotažení šroubu, stanovená zdlouhavá montáž při, které dochází k velké časové ztrátě a zbytečné blokaci výrobních prostor.

Dalším krokem, bylo stanovení **Možných následku vzniklé vady**, zde byly určeny jednotlivé možné následky, k nimž by vyústil vznik možné vady. Jsou to např. méně závažné následky jako špatný vzhled ale i závažné poranění obsluhy při včasném neodstranění otřepů při operaci dělení. Nemožnost osazování komponent např. motoru, nebo elektroinstalace při nesprávně vyvrtaných a umístěných děrách rámu. Snížená pevnost spoje při vadách svaru či montáže atd.

V další fázi byly jednotlivé následky vad týmem oklasifikovány v kolonce **Význam** hodnotami 1 až 10, (*tab. PI*), kde hodnota 1 znamená zanedbatelný význam, tzn., že vzniklé vady si povšimne pouze 5%, zvláště náročných zákazníku a na druhé straně hodnota 10 znamená, že vznik vady přímo a bez výstrahy ohrožuje život a zdraví pracovníka či zákazníka. Jednotlivé následky vad byly oklasifikovány, kde např. při operaci dělení byl uznán závažným následkem vady nesprávná délka profilu a nemožnost provádět další operace a byl hodnocen osmičkou. Nejzávažnější však je u této operace nedostatečné odstranění otřepů a

ostrých hran u, kterých může dojít k poranění pracovníka a je tedy hodnocená 9. Rozsah hodnot Významu u této operace se pohyboval od 6 do 9.

U operace Vrtání je situace obdobná nejzávažnějším byl také shledáno nedostatečné odstranění otřepů a záměna polotovarů a nemožnost provádět další operace.

U operace svařování nejvyššího hodnocení 8 dosáhla vada nesprávné upnutí svařence s následky deformace svařence a jeho nesprávné rozměry. Velký význam a hodnocení 7 dosáhlo poměrně dost vad svaru, ať již to jsou trhliny svarových spojů, struskové vměstky, nebo řady póry.

Hodnocení 8 dosáhla u operace montáž vada zdlouhavá montáž s následky časová ztráta a blokáce prostor. Ostatní vady byly shledány týmem méně závažné a jejich hodnocení se pohybuje v rozsahu 5 až 7.

Kolonka **Kritičnost** se vyplňuje pouze v případě, že význam možné vady dosáhne hodnoty 10 a tato vady výrobku či technologie je přímým ohrožením života nebo může způsobit vážné zdravotní problémy zákazníka či pracovníka. Tato kolonka slouží k okamžitému upozornění při vypracovávání formuláře FMEA na vysoce závažnou vadu. V tomto případě tým neodhalil žádný takto závažný problém, který by závažným způsobem ohrožoval zdraví či život pracovníka nebo zákazníka, takže tato kolonka zůstává nevyplněná.

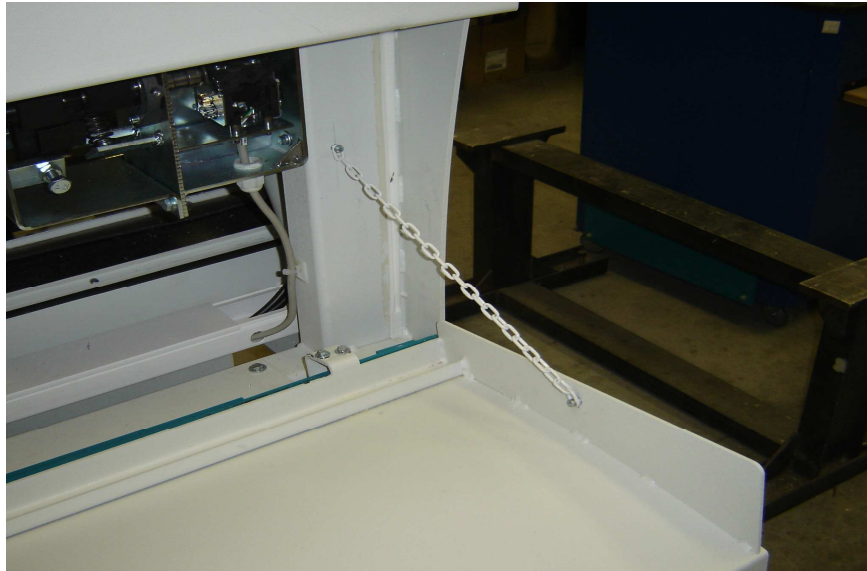
Další položkou, kterou se tým při své práci zabýval, jsou **Možné příčiny vady**. Zde se detekují všechny příčiny, které mají vliv na vznik možné vady. Například u operace Dělení polotovarů u vady nesprávný úhel řezu byly jako možné příčiny stanoveny špatné seřízení pily, chybné odečtení z výkresu, nebo menší pozornost pracovníka, která může být způsobená mnoha vlivy. U operace vrtání děr a řezání závitů může být příčinou vyvrtání špatného průměru díry použití vrtáku špatného průměru. Taktéž vadou je nesprávná hloubka díry při chybném měření či odečtení z výkresové dokumentace. Při operaci svařování bylo odhaleno nejvíce vad jako např. deformace svařovaného dílu nebo nedostatečně provařené svary atd., možné příčiny jsou často obdobné a lze je stanovit jako nevhodné technologické podmínky, ať již se jedná o příliš velký svařovací proud, použití elektrod nevhodných průměrů, nečistoty na svarových plochách či nesprávný úhel vedení elektrod.

U operace montáž byla příčinou vad tj. chybějícího spojovacího materiálu nebo nedostatečného smontování spoje většinou menší pozornost pracovníka při montáži. Nejzávažnější vadou však byla zdlouhavá montáž, kde jako hlavní dvě příčiny tým stanovil nevhodnou konstrukci rámu a nevhodný technologický postup výroby, kdy k základnímu rámu se šest

ocelových ploten sloužících jako základna pro panty k uchycení dveří pro přístup k pneumatickému rozvodu.(obr. 15) montuje pomocí šroubového spoje. Při tom dochází k velké časové ztrátě z důvodu toho, že se v každém jednotlivém dílu musí navrtat díry $4 \times \phi 9$ a $9 \times \phi 7$ v nich řezat metrické závity a tuto operaci taky provést na profilu ke kterému se nosníky montují a nakonec to pomocí šroubového spoje smontovat.



Obr. 14. Rám stroje při montáži



Obr. 15. Detail již namontovaných dvířek

Dalším krokem je hodnocení **Výskytu** dané vady. Zde se hodnotí výskyt dané vady v množství výrobků podle tabulky četnosti výskytu podle (*tab. PII*).

Poté následovalo vypsání všech **Stávajících opatření pro prevenci**. Jsou to takové metody, jejichž vhodným užitím dochází k snížení pravděpodobnosti výskytu vady. U operace řezání je to pouze kontrola nastavení stroje a tedy hlavně kontrola otupení kotouče pily před začátkem řezání. Nejvíce opatření pro prevenci je použito u technologie svařování a to kompenzace deformace s upevněním proti směru předpokládané deformace, vhodné skladování elektrod, použití osvědčených svařitelných materiálů atd. U operací montáž a vrtání děr nejsou použita žádná opatření pro prevenci.

V kolonce **Stávající řízení návrhu odhalení** se uvádí všechny kontrolní mechanismy, které mohou výskyt dané vady odhalit nejlépe už během operace nebo v co nejkratší době po jejím skončení, tak aby se nepracovalo na vadných kusech, nebo aby se tato vada projevila až u zákazníka. V tomto případě je to u operací dělení a vrtání kontrola po skončení operace a každý pracovník je za hotový kus zodpovědný. U operace svařování probíhá měření kolmosti a rovinnosti u svařených kusů, vizuální kontrola svarů a měření rozměrů svarů měrkami. I přesto však je zde problém s odhalením některých vad jako např. trhliny ve svarových spojích, krystalizační trhliny, nebo řady pórů.

U poslední operace a to montáže probíhá pouze vizuální kontrola kompletnosti provedených spojů pracovníkem montáže.

Při stanovení **Odhalitelnosti** se postupuje podle (*tab. PIII*), kde nízké hodnoty znamenají snadnou odhalitelnost, tzn. nejlépe během samotné operace nebo při operaci následující a naopak vysoké hodnoty 9 až 10 znamenají, že odhalení vzniklé vady je pouze náhodné či vyloučené. Při vzniku vady u operace dělení materiálu dosahují hodnoty odhalitelnosti nízkých hodnot, protože vzniklé vady jsou odhaleny buď pracovníkem po skončení operace, nebo během další operace. U operace vrtání a řezání závitu je situace obdobná, pokud není chybně vyvrtána díra nebo vytvořený závit odhalen pracovníkem před odesláním k svařování tak je odhalen během montáže komponentu. Vzniklá vada má sice vliv na vznik časového zdržení během výroby, ale zákazník ji nezaznamená, tudíž tým volil spíše nízké hodnoty klasifikace. Při technologii svařování už byla situace složitější. Zde se objevily vady jako např., rozstřík, úpaly, nebo poškozený povrch upínkami, které s vysokou pravděpodobností pracovník svařovny po skončení operace vizuální kontrolou odhalí. U těchto závad tým volil nízké hodnocení v rozsahu 2 až 3.

Na druhé straně se zde objevily takové závady, jako jsou trhliny, nebo nedostatečně provařený svar, tedy vady, které je pouze vizuální kontrolu těžké odhalit, a proto tým volil vyšší hodnoty odhalitelnosti 5 až 6.

Při operaci montáž se vyskytují pouze nízké hodnoty, protože případné vzniklé vady jako chybějící spojovací materiál či nekvalitně provedený spoj má pracovník při závěrečné vizuální kontrole velkou šanci odhalit, a pokud se tak nestane je možnost odhalení ještě při montáži komponent, tudíž je jen malá pravděpodobnost že vzniklá vada bude mít vliv na koncového zákazníka.

Hodnota **Rizikového čísla** se stanovuje jako součin hodnot Významu Výskytu a Odhalitelnosti, tedy $R\check{C}=V \cdot V \cdot O$ Před začátkem vyplňování formuláře tým stanovil, že hodnota od, které se budou přijímat doporučená opatření, se stanoví na hodnotu 100. Jedná se hodnotu doporučenou normou a nejčastěji používanou v praxi. Tuto hodnotu překonaly vady zdlouhavá montáž a vady svaru a u nich musí následovat návrh nápravných opatření.

5.2.2 Návrh opatření

Tímto byla ukončená fáze posouzení současného stavu procesu a jeho vyhodnocení. S tím, že byly odhaleny vzniklé vady s hodnocením vyšším než 100, u nichž tým volil **nápravná**

opatření. U problému zdlouhavá montáž byla týmem navržená změna technologického postupu upevnění ploten pro uchycení pantů. Dřívější montáž šroubovým spojem (*obr. 16*) byla nahrazená přivařením plotny po obvodu koutovým svarem. (*obr. 17*) Tímto došlo k úspoře času vlivem odstranění technologie vrtání děr, řezání závitů a montáže šroubovým spojem, což se šestkrát opakovalo. Vlivem aplikované změny také došlo k zvýšení tuhosti a pevnosti spoje a tedy samotného rámu. Taktéž byla zvýšena odolnost proti vibracím vznikajícím při provozu stroje. Tedy přiblížili jsme se k dosažení cílu, které si tým v úvodu projektu stanovil.



Obr. 16. Rám před aplikací změny



Obr. 17. Rám stroje po aplikaci změny

U další vzniklé vady chyby svaru jako např. řady pórů atd. byla týmem navržena nede-
struktivní metoda zkoušení a to kapilární kontrola pro zjišťování vad souvisejících
s povrchem svarů. Zde byla doposud pouze vizuální kontrola svářečem a při ní bylo odha-
lení vad struktury velice obtížné. Navržená metoda zkoušení využívá kapilárních vlastnos-
tí kontrastní penetrační tekutiny. Kontrastní tekutina po nanesení na zkoušený suchý a
očištěný povrch pronikne i do miniaturních vad - necelistvostí zkoušeného materiálu. Po
odstranění přebytku penetrantu se na povrch nanese vývojka poskytující kontrastní pozadí
pro barevnou nebo fluorescenční indikaci penetrantu vzlínajícího z povrchových necelist-
vostí. Vyhodnocování se provádí podle typu použitého penetrantu pod bílým nebo fluo-
rescenčním osvětlením dostatečné intenzity. Bylo doporučeno používat kapilární zkoušku,
zvláště pak u velkých svaru nosných částí, protože se jedná se o nepříliš drahou, ale velice
citlivou metodu pro detekci vad svaru. Zavedení této metody zkoušení by mělo výrazně
napomoci k odhalení vzniklých vad svaru a snížit hodnotu čísla Odhalitelnosti.

Po stanovení doporučených opatření byl stanoven termín a **Odpovědný pracovník**, který
navržené změny provede ve výrobě v tomto případě technolog.

5.2.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Posledním krokem metody FMEA je u provedených opatření zhodnocení jejich přínosu.
To bylo provedeno tak, že tým u nich opět klasifikoval **Výskyt, Význam, Odhalitelnost** a
opět stanovil hodnotu **Rizikového čísla**, u něhož došlo, vlivem provedených změn ke sní-
žení hodnot pod hodnotu 100, tedy pod práh, který si tým stanovil jako rizikový.

Tímto závěrečným krokem je provedení metody FMEA ukončeno. Metoda FMEA je však
označována tzv. živým dokumentem to znamená, že jakékoliv pozdější změny ať již se
jedna o technologické či konstrukční změny by měly být zahrnuty do projektové dokumen-
tace a mělo by být provedeno jejich hodnocení. To znamená, že použití metody FMEA
není nikdy ukončeno.



FMEA Procesu

FMEA číslo: 1.

Proces: Optimalizace Rámu pily FLS 170Odpovědnost za návrh: Škrobák, GoralčíkZpracoval: M. ZemanModel-rok: FLS 170Rozhodné datum: 20.4.2010Datum zprac.(orig.): 18.2.2010Řešitelský tým: Škrobák, Goralčík, Zeman

Proces Funkce	Možná vada	Možné ná- sledky vady	Význam	Kritičnost	Možné pří- činy (me- chanismy vady)	Výskyt	Stávaj. opatř. pro prevenci	Stávající řízení pro- cesu	Odhaltelnost	Rizikové číslo	Dop. opatře- ní.	Odpověd- nost Termín	Provede- ná opat- ření	Význam	Výskyt	Kritičnost	Rizikové č.
Dělení profilů	Nesprávná délka profilu	Nelze pro- vádět další operace	8		Chyba měření	3	Žádná	Kontrola po skonče- ní operace	2	48	Beze změn		Beze změn	8	3	2	48
	Nesprávný úhel řezu	Nelze pro- vádět opera- ce svařování a montáž	7		Špatné seří- zení pily	3	Kontrola na- stavení stroje před začátkem operace	Kontrola po skonče- ní operace	2	42	Beze změn		Beze změn	7	3	2	42
					Menší pozor- nost pracov- níka	3											

				Chybné odečtení z výkres. dokumentace	2	Žádná		2	28	Beze změn		Beze změn	7	2	2	28
Mechanické poškození povrchu	Odlupování laku na hranách rámu	6		Menší pozornost pracovníka	2	Kontrola nastavení stroje před začátkem řezání	Kontrola po skončení operace	2	24	Beze změn		Beze změn	6	2	2	24
	Špatný vzhled			Nesprávné upnutí polotovaru	3			2	36	Beze změn		Beze změn	6	3	2	36
Otřepy	Poranění obsluhy	9		Přehlédnutí pracovníkem	4	Žádná	Kontrola po skončení operace	2	72	Beze změn		Beze změn	9	4	2	72
	Odlupování laku na hranách rámu			Nevhodné seřízení stroje	3	Žádná		2	54	Beze změn		Beze změn	9	3	2	54
	Obtížnější montáž			Otupení listu pily	4	Kontrola listu pily před začátkem řezání		2	72	Beze změn		Beze změn	9	4	2	72
Ostré hrany	Poranění obsluhy	9		Nevhodné seřízení stroje	3	Žádná	Kontrola po skončení operace	2	54	Beze změn		Beze změn	9	3	2	54
	Odlupování laku na hranách rámu															

		Obtížná montáž			Přehlédnutí pracovníkem	3	Žádná		2	54	Beze změn		Beze změn	9	3	2	54
Vrtání+řezání závitů	Záměna polotovaru	Nelze provádět další operace	8		Chybné označení polotovaru	2	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	2	32	Beze změn		Beze změn	8	2	2	32
					Menší pozornost pracovníka	2	Žádná		2	32	Beze změn		Beze změn	8	2	2	32
	Nesprávná hloubka díry	Nelze provádět osazování komp.	7		Chybné měření	3	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	3	63	Beze změn		Beze změn	7	3	3	63
					Chybné odečtení z výkres. dokumentace	3	Žádná		3	63	Beze změn		Beze změn	7	3	3	63
	Nesprávný průměr díry	Nelze provádět osazování komp.	7		Použití nesprávného nástroje	4	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	3	84	Beze změn		Beze změn	7	4	3	84
					Chybné odečtení z výkres. dokumentace	3	Žádná		3	63	Beze změn		Beze změn	7	3	3	63

	Nesprávná poloha díry	Nelze provádět osazování komp.	7		Chybné měření	2	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	3	42	Beze změn		Beze změn	7	2	3	42	
					Chybné odečtení z výkres. dokumentace	3	Žádná		3	63	Beze změn		Beze změn	7	3	3	63	
	Nesprávný typ závitu	Nelze provádět osazování komp.	7		Použití nevhodného nástroje	1	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	3	21	Beze změn		Beze změn	7	1	3	21	
					Chybné odečtení z výkres. dokumentace	1	Žádná		3	21	Beze změn		Beze změn	7	1	3	21	
	Nesprávná hloubka závitu	Nelze provádět osazování komp.	7		Chybné měření	2	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	5	70	Beze změn		Beze změn	7	2	5	70	
					Chybné odečtení z výkres. dokumentace	2	Žádná		5	70	Beze změn		Beze změn	7	2	5	70	
	Mechanické poškození povrchu nástrojem	Odlupování laku	Špatný vzhled	6		Menší pozornost pracovníka	2	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	2	24	Beze změn		Beze změn	6	2	2	24

	Otřepy na koncích děr	Poranění obsluhy	9	Menší pozornost pracovníka	3	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	2	54	Beze změn		Beze změn	9	3	2	54
		Oprýskávání laku na konci obrobku			3	Žádná		2	54	Beze změn		Beze změn	9	3	2	54
	Neprovedené zahloubení děr	Obtížná montáž	4	Menší pozornost pracovníka	3	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	3	36	Beze změn		Beze změn	4	3	3	36
					Chybné odečtení z výkres. dokumentace	3		Žádná	3	36	Beze změn		Beze změn	4	3	3
	Neproveden závít	Nelze provádět montáž.	7	Chybné odečtení z výkres. dokumentace	3	Žádná	Kontrola po skončení operace vrtání	3	63	Beze změn		Beze změn	7	3	3	63
	Svařování	Velký rozstřík	Oprýskávání laku	6	Příliš velký svařovací proud	4	Očistit, osušit místo svaru	Vizuální kontrola po skončení operace	2	48	Beze změn		Beze změn	6	4	2
Špatný vzhled			Nečistota na svarových plochách		5	Aplikace spreje proti rozstříku svarového kovu	2		60	Beze změn		Beze změn	6	5	2	60
			Nedostatečné očištění svaru po svařování		2		24		Beze změn		Beze změn	6	2	2	24	
Úhlové deformace spojovaných		Nedodržení rozměrů	7	Nedostatečné upevnění svařence	4	Kompenzace deformace s upevněním	Kontrola rovinnosti svařence	3	84	Beze změn		Beze změn	7	4	3	84

	dílu	Obtížná montáž			Nevhodný postup svařování	3	proti směru předpokládané deformace	Kontrola kolmosti svařence	3	63	Beze změn		Beze změn	7	3	3	63
	Podélné, příčné trhliny ve svařových spojích	Snížená pevnost svařuru	7		Základní materiál s vyšším obsahem leg. prvků	4	Volba dobře svařitelného materiálu (osvědčení dodavatelé)	Vizuální kontrola po skončení operace	6	168	Použit kapilární zkoušku	Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	4	3	84
					Vlhké elektrody	2	Správné skladování elektrod		6	84		Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	2	3	42
	Krystalizační trhliny	Snížená pevnost svařuru	7		Nevhodná geometrie svařuru	3	Provedení dostatečně dimenzovaných stehů a kořenových vrstev při svařování dílu v upnutém stavu	Vizuální kontrola po skončení operace	6	126	Použit kapilární zkoušku	Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	3	4	84
					Nevhodný typ elektrody	3	Zamezení širokých mezer mezi svařovanými díly a dostatečné provaření kořene		6	126		Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	2	4	84

	Struskové vměstky	Snížená pevnost svaru	7	Malá postupová rychlost svařování	3	Žádné	Vizuální kontrola po skončení operace	6	126	Použit kapilární zkoušku	Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	3	4	84
				Struska předbíhá oblouk	3			6	126		Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	3	4	84
				Nevhodný úhel nastavení elektrod	3			6	126		Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	3	4	84
	Řady poru	Snížená pevnost svaru	7	Nečistoty na svarových hranách	2	Očistit, osušit místo svaru	Vizuální kontrola po skončení operace	6	84	Použit kapilární zkoušku	Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	2	3	42
				Vysoká rychlost svařování	4	Správná technika svařování		6	168		Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	4	3	84
				Vlhkost nesprávně skladovaných elektrod	2	Správné skladování elektrod		6	84		Technolog	Aplikace kapilární zkoušky	7	2	3	42
	Upálené hrany, průpaly	Snížená pevnost spoje	7	Svařovací proud je příliš vysoký	3	Kontrola správné intenzity proudu	Vizuální kontrola po skončení operace	3	63	Beze změn	Beze změn	7	3	3	63	

	Špatný vzhled			Použití ne- správné elek- trody- nevhodný průměr	3	Dodržení správných technolog. podmínek (úhlu vedení elektrod, volba správného průměru elek- trod, dodržení vhodné délky oblouku)		2	42			Beze změn	7	3	2	42	
				Nesprávný úhel vedení elektrody	3			2	42			Beze změn	7	3	2	42	
	Neprovařený spoj	Snížená pevnost sva- ru	7		Nízký svařo- vací proud	3	Kontrola správné inten- zity proudu	Vizuální kontrola po skončení operace	3	63	Beze změn		Beze změn	7	3	3	63
					Příliš velká rychlost sva- řování	3	Dodržení správných technolog. podmínek (úhlu vedení elektrod, volba správného průměru elek- trod, dodržení vhodné délky oblouku)		4	84			Beze změn	7	3	4	84
					Nesprávné vedení elek- trod	3			3	63			Beze změn	7	3	3	63
					Malý průměr elektrody	2			3	42			Beze změn	7	2	3	42
	Chyby v napojení - studený svar	Snížená pevnost sva- ru	7		Příliš rychlé ukončení svařování	3	Dodržení tech- nolog. podmí- nek (úhlu ve-	Vizuální kontrola po skončení	4	84	Beze změn		Beze změn	7	3	4	84

		Špatný vzhled			Nesprávné vedení elektrod	3	dení elektrod, rychlosti svařování)	operace	4	84			Beze změn	7	3	4	84
Nesprávné začátky a konce svaru	7	Snížená pevnost svaru			Nesprávné vedení elektrod	3	Žádné	Vizuální kontrola po skončení operace	3	63			Beze změn	7	3	3	63
		Špatný vzhled															
Obtížně svařitelný materiál	8	Snížená pevnost svaru			Nevhodně zvolený materiál	2	Použití osvědčených materiálů se zaručenou svařitelností	Zkouška svařitelnosti při změně materiálu před výrobou konstrukce	2	32			Beze změn	8	2	2	32
		Nelze svařovat			Špatná dávka	3			2	48							
Nesprávné upnutí v přípravku	8	Deformace svařence			Použití nevhodných upínek	2	Žádné	Kontrola rovinnosti a kolmosti	2	32			Beze změn	8	2	2	32
		Nevyhovující rozměry			Nedostatečná upínací síla	2			2	32							
Povrch mechanicky		Špatný vzhled	6		Vysoká upínací síla	5	Žádné	Vizuální kontrola po	2	60			Beze změn	6	5	2	60

	poškozen upínkami	Oprýskávání laku			Menší pozornost pracovníka	3		skončení operace	2	36			Beze změn	6	3	2	36
	Záměna profilů při svařování	Nelze dál pokračovat ve svařování	8		Chybné označení polotovaru	2	Žádné	Kontrola po skončení operace	2	32	Beze změn		Beze změn	8	2	2	32
					Menší pozornost pracovníka	3			2	48			Beze změn	8	3	2	48
	Velká tepelně ovlivněná zóna svaru	Snížená pevnost v zóně svaru	5		Vysoký svařovací proud	3	Žádné	Kontrola po skončení operace	6	90	Beze změn		Beze změn	5	3	6	90
	Stopy po zapalování elektrod	Špatný vzhled	6		Nevhodné místo zapalování oblouku	2	Zapalování v místě překrytí svarem	Vizuální kontrola po skončení operace	2	24	Beze změn		Beze změn	6	2	2	24
		Oprýskávání laku			Nevhodný sklon elektrod	3			2	36			Beze změn	6	3	2	36
	Vady rozměru svaru-úhlové přesazení, lineární přesazení	Snížená pevnost svaru-vznik trhlinek svaru	7		Vysoká rychlost svařování	3	Dodržení technolog. podmínek (úhlu vedení elektrod, rychlosti svařování)	Měření rozměru svarů měrkami po ukončení svařování	2	42	Beze změn		Beze změn	7	3	2	42

				Nesprávné vedení elektrod	3		Vizuální kontrola po skončení operace	2	42	Beze změn		Beze změn	7	3	2	42	
				Nesprávný průměr elektrod	2		Vizuální kontrola po skončení operace	2	28	Beze změn		Beze změn	7	2	2	28	
	Nadměrné převýšení kořene svaru	Špatný vzhled	6	Nesprávné vedení elektrod	3	Dodržení technolog. podmínek (úhlu vedení elektrod, rychlosti svařování)	Vizuální kontrola po skončení operace	2	36	Beze změn		Beze změn	6	3	2	36	
	Přetečení krycí vrstvy svaru	Špatný vzhled	6	Nesprávné vedení elektrod	3	Dodržení technolog. podmínek (úhlu vedení elektrod, rychlosti svařování)	Vizuální kontrola po skončení operace	2	36	Beze změn		Beze změn	6	3	2	36	
	Neúplné vyplnění plochy svaru	Snížená pevnost svaru	7		Vysoká rychlost svařování	3	Dodržení technolog. podmínek (úhlu vedení elektrod, rychlosti svařování)	Vizuální kontrola po skončení operace	2	42	Beze změn		Beze změn	7	3	2	42
		Špatný vzhled			Nesprávné vedení elektrod	3		Vizuální kontrola po skončení operace	2	42	Beze změn		Beze změn	7	3	2	36

				Nesprávný průměr elektrod	2			2	28	Beze změn		Beze změn	7	2	2	28
Montáž krytu	Zdlouhavá montáž	Časová ztráta	8	Nevhodná konstrukce rámu	10	Žádné	Žádné	2	160	Změna technolog. postupu	Technolog	Aplikace změny technolog. Postupu	8	1	2	16
		Blokace prostor		Nevhodný technologický postup	10			2	160				8	1	2	16
	Chybí některý z šroubů M6x16	Snížená pevnost spoje	7	Menší pozornost pracovníka	2	Žádné	Kontrola po skončení operace	2	28	Změna technolog. postupu						
		Vibrace při provozu														
	Chybí podložky pod šrouby M6x16	Špatný vzhled	5	Menší pozornost pracovníka	2	Žádné	Kontrola po skončení operace	2	20	Změna technolog. postupu						
Šroub M6x16 není dotažen	Snížená pevnost spoje	7	Menší pozornost pracovníka	2	Žádné	Kontrola po skončení operace	2	28	Změna technolog. postupu							
	Vibrace při provozu															

	Záměna šroubu M6x16 za jiný	Snížená pevnost spoje	7		Menší pozornost pracovníka	2	Žádné	Kontrola po skončení operace	2	28	Změna technolog. postupu
	Poškození povrchu	Špatný vzhled	6		Upnutí při montáži	2	Žádné	Kontrola po skončení operace	2	24	Změna technolog. postupu
		Oprýskávání laku									

Tab. 11. FMEA procesu

5.3 Závěr

Teoretická část diplomové práce je věnována významu a vývoji metody FMEA. Také je zde uvedeno rozdělení na jednotlivé nejčastěji používané druhy metody jako FMEA produktu, procesu a systémová FMEA. Každý druh je také detailně popsán a naznačen způsob sestavení a vypracování pro konkrétní projekt. Dále je část práce věnována ostatním použitým nástrojům managementu jakosti, jako jsou Týmová práce, Diagram příčin a následků nebo Vývojový diagram. Je zde uveden jejich význam a použití pro konkrétní aplikaci.

V praktické části diplomové je popsán postup aplikace procesní metody FMEA na konkrétní problém Optimalizace technologie výroby svařovaného rámu pro Rozmítací pilu FLS 170 vyráběnou firmou Störi Mantel s.r.o. v Rožnově pod Radhoštěm.

V úvodní fázi přípravy kdy se shromažďují informace a připravuje se organizační rámec aplikace, byl sestaven řešitelský tým, byly stanoveny hlavní funkční požadavky kladené na rám stroje a také získání všech dostupných informací, které souvisí s řešeným problémem. Zde se jedná o technologický postup výroby doplněný diagramem technologií a také výkres rámu stroje spolu s kusovníkem. Také byl sestaven Diagramu příčin a následků, který v úvodu naznačuje, do jakých oblastí by měla být zaměřena vyšší pozornost týmu.

Poté už následuje samotné sestavení formuláře metody FMEA metodou brainstormingu. To se skládá z tří základních částí a to zjištění současného stavu, návrh nápravných opatření a jejich aplikace spolu s konečným zhodnocením přínosu. V první fázi byly týmem detekovány možné vady, jejich následky, stávající opatření pro prevenci a spolu s klasifikací Významu, Výskytu a Odhalitelnosti těchto vad sloužící pro stanovení hodnoty Rizikového čísla. Stanovením hodnoty Rizikového čísla byla fáze analýzy a hodnocení současného stavu ukončena a následoval návrh opatření.

V tomto případě změna technologického postupu a návrh kapilární zkoušky pro detekci vad svaru.

V poslední fázi hodnocení stavu po realizaci opatření bylo provedeno nové hodnocení Významu, Výskytu a Odhalitelnosti u provedených změn a stanovená hodnota Rizikového čísla, která dosáhla nižší hodnoty než v úvodu projektu. Tímto byla aplikace metody FMEA ukončena.

Změny technologie výroby pily FLS 170 byly úspěšně aplikovány do výroby a v současnosti se již pily vyrábí touto technologií.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PLURA, J.:Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Computer Press, Praha, 2001, 244 s ISBN 80-7226-543-1
- [2] NENADÁL, J.-NOSKIEVIČOVÁ, D.–PETŘÍKOVÁ, R.–PLURA, J,-TOŠENOVSKÝ, J.:Moderní systémy řízení jakosti/Quality Management. Management Press, Praha, 1998, 283s
- [3] ČSJ.:Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA). Česká společnost pro jakost, 2001, 72 s, ISBN 80-02-01475-6
- [4] FIALA, A., HAVLIČKOVÁ, P., HALVA M.:Praktické zkušenosti s uplatňováním systému FMEA. Jakost 2001, Dům techniky Ostrava, 2001
- [5] VDA 4.2.: Zabezpečování jakosti před sériovou výrobou. Česká společnost pro jakost, Praha, 2001, 67 s
- [6] PLURA, J.:Plánování jakosti výrobků a procesů metodou FMEA– Vývoj a současnost. Jakost 98, Ostrava, 1998
- [7] Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Referance manual, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2 vydání, 1995
- [8] HORÁLEK, V.:Základní (jednoduché) nástroje řízení jakosti. Národní informační středisko pro podporu jakosti Praha, 2004, 84 s ISBN 80-02-01689-0
- [9] PLEŠKOVÁ, A.: Nové nástroje managementu jakosti. Národní informační středisko pro podporu jakosti Praha, 2004, 84 s ISBN 80-02-01690-4
- [10] IMAI, M.: KAIZEN Metoda jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku. Computer Press, 2004,272 s ISBN 80-251-0461-3
- [11] JANEČEK, Z.: Jakost- potřeba moderního člověka, Národní informační středisko pro podporu jakosti Praha, 2004
- [12] FRANKE D. W.: FMEA Analýza možností vzniku vad a jejich následků, Česká společnost pro jakost, 1990
- [13] Störi Mantel s.r.o.-elektronické informace
URL: <<http://www.stoerimantel.cz/cs/o-nas/>> [cit. 2010-12-1].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PDCA	(Plan-Do-Check-Act) Plánuj-Udělej-Zkontroluj-Uskutečni
QMS	Quality Management System
SJ	System jakosti
MJ	Management jakosti
ISO	International Organization for Standardization
VDA	Verband der Automobilindustrie
AQAP	Allied Quality Assurance Publications
TS	Technology Standards
QS	Quality Standards
TQM	Total Quality Management
FMEA	Analýza možných vad a jejich důsledků (Failure Mode and Effect Analysis)
PPAP	Proces schvalování dílů k výrobě (Production Part Approval Process)
SPC	Statistical process control
PJ	Příručka jakosti
OKP	Opatření k prevenci
OKN	Opatření k nápravě
UPR	Ukazatel priority rizika
DIN	Deutsche Industrie-Norm
ČSN	Česká státní norma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Formulář pro FMEA produktu.....	17
Obr. 2. Formulář pro FMEA procesu.....	30
Obr. 3. Zobrazení konceptu konstrukce výrobku.....	42
Obr. 4. Struktura týmu.....	47
Obr. 5. Diagram Příčin a následků.....	51
Obr. 6. Organizační struktura společnost Störi Mantel s.r.o.....	58
Obr. 7. Rozmítací pila FLS 170.....	59
Obr. 8. Základní technologie řezu	60
Obr. 9. Svařování rámu	65
Obr. 10 Svařený rám	66
Obr. 11. Nalakovaný rám stroje.....	67
Obr. 12. Technologický postup výroby.....	69
Obr. 13. Diagram příčin a následků.....	70
Obr. 14. Rám stroje při montáži.....	73
Obr. 15. Detail již namontovaných dvířek	73
Obr. 16. Rám stroje před aplikací změny.....	75
Obr. 17. Rám stroje po aplikaci změny.....	75

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Návrh kritérii FMEA produktu pro vyhodnocení závažnosti.....	20
Tab. 2. Navržená kritéria pro hodnocení výskytu vady při FMEA produktu.....	22
Tab. 3. Navržená kritéria hodnocení odhalitelnosti vady FMEA produktu	24
Tab. 4. Návrh kritérii FMEA pro vyhodnocení závažnosti vady procesu.....	34
Tab. 5. Navržená kritéria pro hodnocení vad při FMEA procesu.....	36
Tab. 6. Navržená kritéria pro hodnocení odhalitelnosti vad při FMEA procesu.....	38
Tab. 7. Technické parametry stroje.....	61

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: TABULKA KLASIFIKACE VÝZNAMU VADY

PŘÍLOHA P II: TABULKA KLASIFIKACE VÝSKYTU VADY

PŘÍLOHA P III: TABULKA KLASIFIKACE ODHALITELNOSTI VADY

PŘÍLOHA P I: TABULKA KLASIFIKACE VÝZNAMU VADY

Důsledek	Kriteria závažnosti důsledku. (Dopad na zákazníka)	Kriteria závažnosti důsledku. (Dopad na výrobu/montáž)	Známka
Kritický bez Výstrahy	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení, nebo znamená nesplnění předpisu bez výstrahy	Může bez výstrahy ohrožovat operátora (stroj nebo sestavu).	10
Kritický s výstra- hou	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení, nebo znamená nesplnění závazného předpisu s výstrahou	Může bez výstrahy ohrožovat operátora (stroj nebo sestavu) s výstrahou	9
Velmi závažný	Prvek je nefunkční (ztráta základní funkce)	Nebo se musí 100% výrobků šrotovat, nebo opravit v dílně po dobu delší než 1 hodina	8
Závažný	Prvek funguje, ale úroveň výkonu je velmi snižena. Zákazník velmi nespokojen	Nebo se musí výrobek přetřít a část (méně než 100%) výrobu šrotovat, nebo opravovat v opravárenské dílně po dobu 1 hodiny	7
Mírný	Prvek sice funguje, ale zároveň položky zajišťující komfort nefungují. Zákazník nespokojen	Nebo se musí část (méně než 100%) výrobku šrotovat bez třídění, nebo se musí opravit v opravárenské dílně po dobu kratší než 1/2 hodiny	6
Nízký	Prvek funguje, ale položky zajišťující komfort fungují se sníženým výkonem. Zákazník poněkud nespokojen	Nebo se musí 100% výrobku přepracovat mimo linku, ale nemusí jít do opravárenského oddělení.	5
Velmi nízký	Úprava prvku, nebo nadměrný hluk. Vady si všimne většina zákazníků (přes 75%)	Výrobek se musí přetřít bez šrotování a část (menší než 100%) se musí přepracovat	4
Nepatrný	Úprava/hlučnost neodpovídá. Vady si všimne 50% zákazníků	Část (méně než 100%) výrobků se musí přepracovat bez šrotování na lince, ale mimo normální pozici	3
Zanedbatelný	Úprava/ hlučnost neodpovídá. Vady si všimnou kritičtí zákazníci (méně než 25%)	Část se musí přepracovat (méně než 100%) na lince na normální pozici	2
Žádný	Žádný znatelný důsledek	Nepatrná obtíž nebo žádný dopad	1

PŘÍLOHA P II: TABULKA KLASIFIKACE VÝSKYTU VADY

Pravděpodobnost závady	Možné četnosti závad	Známka
Velmi vysoká: Neustálé závady	≥ 100 na sto prvků	10
	50 na sto prvků	9
Vysoká: Časté závady	20 na sto prvků	8
	10 na sto prvků	7
Mírná: Občasné závady	5 na sto prvků	6
	2 na sto prvků	5
Nízká: Poměrně málo závad	1 na sto prvků	4
	0,5 na sto prvků	3
Vzácná: Závada je nepravděpodobná	0,1 na sto prvků	2
	$\leq 0,010$ na sto prvků	1

**PŘÍLOHA P III: TABULKA KLASIFIKACE ODHALITELNOSTI
VADY**

Odhalení	Kritéria	Druhy kontroly			Návrh rozsahu metod odhalení	Známka
		A	B	C		
Téměř vyloučené	Absolutní jistota, že nebude odhalen			X	Nedá se odhalit, nekontroluje se	10
Velmi nepravděpodobné	Pravděpodobně nebude odhaleno			X	Pouze náhodné kontroly	9
Nepravděpodobné	Nástroje řízení mají malou šanci poruchu odstranit			X	Řízení se provádí jenom vizuální kontrolou	8
Velmi nízká pravděpodobnost	Nástroje řízení mají malou šanci poruchu odhalit				Řízení se provádí jenom vizuální kontrolou	7
Nízká pravděpodobnost	Nástroje řízení mohou poruchu odhalit		X	X	Řízení se provádí pomocí diagramu např. SPC	6
Mírná pravděpodobnost	Nástroje řízení mohou poruchu odhalit		X		Řízení se opírá o měření, když součásti opustily pracoviště, nebo kontrolu kalibrem sta procent součásti.	5
Poněkud vyšší pravděpodobnost	Nástroje řízení mají dobrou šanci poruchu odhalit	X	X		Odhalování chyb v následných operacích, nebo kontrolou kalibrem prováděná po seřízení a kontrola prvního kasu	4
Vysoká pravděpodobnost	Nástroje řízení mají dobrou šanci poruchu odhalit	X	X		Odhalení chyb na pracovišti, nebo v následujících operacích např. několika násobná přejímka	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	Nástroje řízení poruchu téměř jistotou odhalí	X	X		Odhalení chyb na pracovišti Automatické měření na pracovišti	2
Téměř jistota	Nástroje řízení odhalí poruchu s jistotou	X			Neshodné součásti se nevyrábějí, prvek byl proti vzniku vad ošetřen	1