

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2341 Strojírenství  
Studijní zaměření: Zabezpečování jakosti

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Aplikace metody FMEA při výrobě tepelného výměníku

Autor: **Jitka MURTINGEROVÁ**

Vedoucí práce: **Ing. Martin MELICHAR, Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jitka MURTINGEROVÁ**  
Osobní číslo: **S09B0025P**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **Zabezpečování jakosti**  
Název tématu: **Aplikace metody FMEA při výrobě tepelného výměníku.**  
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod a představení firmy
2. Teoretický rozbor nástroje FMEA
3. Představení tepelného výměníku
4. Aplikace metody FMEA
5. Zhodnocení a závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

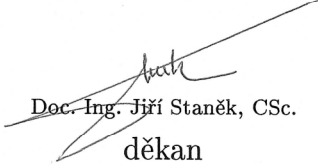
**ZVONEČEK, F. - ZÍDKOVÁ, H. Jakost - styl života pro 3. tisíciletí. Plzeň: ZČU, 2003**

**STANĚK, J. - NĚMEJC, J. Metodika zpracování a úprava diplomových prací. Plzeň: ZČU, 2005**


**Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA). Praha: Česká společnost pro jakost, červenec 2001. 72 s.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Melichar, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Martin Melichar, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění  
Ostatní konzultanti: **Ing. Jaroslav Strnad**  
Dioss Nýřany, a.s.

Datum zadání bakalářské práce: **18. října 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **29. června 2012**

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



  
Ing. Jan Řehoř, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 18. prosince 2011

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Murtingerová	Jméno Jítka		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	Zabezpečování jakosti			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Melichar, Ph.D.	Jméno Martin		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KTO			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Aplikace metody FMEA při výrobě tepelného výměníku			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	53	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	42	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	11
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Cílem této bakalářské práce je posoudit pomocí nástroje FMEA rizika potencionálního vzniku chyb při výrobě tepelného výměníku pro firmu Dioss Nýřany, a.s. a navrhnout opatření, která by vedla ke snížení rizika.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>Metoda FMEA, kritéria hodnocení, rizikové prioritní číslo, tepelný výměník, nápravná opatření.</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Murtingerová	Name Jitka	
<b>FIELD OF STUDY</b>	Quality control		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Melichar, Ph.D.	Name Martin	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Application of FMEA method in produce of heat exchanger		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machining Technology	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	53	<b>TEXT PART</b>	42	<b>GRAPHICAL PART</b>	11
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The aim of this Bachelor work is to consider risk of potential errors during producing the heat exchanger for a company Dioss Nýřany, a.s. and propose a solution that would reduce the risk.
<b>KEY WORDS</b>	FMEA method, evaluation kriteria, risk priority number, heat exchanger, corrective action.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu své práce Ing. Martinu Melicharovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu a trpělivost při psaní této práce.

Také bych ráda poděkovala Ing. Jaroslavu Strnadovi za množství užitečných informací a zkušeností, které jsem během působení ve společnosti Dioss Nýřany, a.s. získala.

## Obsah

1. Úvod a představení firmy .....	8
1.1. Úvod bakalářské práce.....	8
1.2. Historie společnosti <sup>[1]</sup> .....	9
1.3. Současnost společnosti <sup>[1]</sup> .....	10
1.3.1. Výrobky a služby realizované společností.....	10
1.3.2. Obchodní partneři společnosti.....	11
1.3.3. Certifikáty a záměry společnosti .....	11
2. Teoretický rozbor nástroje FMEA .....	12
2.1. Druhy FMEA <sup>[6]</sup> .....	13
2.2. Použití FMEA <sup>[3]</sup> .....	13
2.3. Výhody aplikace metody FMEA <sup>[2]</sup> .....	13
2.4. Postup analýzy FMEA <sup>[2]</sup> .....	14
2.5. Rizikové prioritní číslo (RPN) <sup>[2]</sup> .....	16
2.5.1. Obecné rozdělení při hodnocení rizika možných vad a potřeba opatření .....	16
2.6. Formulář FMEA <sup>[3]</sup> .....	17
3. Představení tepelného výměníku.....	18
3.1. Firma Rational <sup>[4]</sup> .....	18
3.2. Konvektomat .....	18
3.3. Tepelný výměník .....	19
4. Aplikace metody FMEA .....	21
4.1. Schéma komponentů tepelného výměníku .....	21
4.2. Popis výroby tepelného výměníku typu 61G .....	22
4.3. Tabulky FMEA vlastní výroby tepelného výměníku .....	28
4.3.1. Návrh kritérií hodnocení závažnosti .....	28
4.3.2. Návrh kritérií hodnocení odhalitelnosti.....	29



4.3.3.	Návrh kritérií hodnocení výskytu.....	30
4.3.4.	Vlastní zpracování tabulek FMEA.....	31
5.	Zhodnocení a závěr .....	46
5.1.	Zhodnocení tabulek FMEA .....	46
5.2.	Navržení nápravných opatření.....	46
5.3.	Zhodnocení původního a nového stavu výroby.....	48
5.4.	Závěr.....	49
6.	Seznam použité literatury.....	50
6.1.	Dokumenty společnosti .....	50
6.2.	Knižní publikace.....	50
6.3.	Internetové adresy.....	50
7.	Seznam použitých obrázků.....	52
8.	Seznam použitých tabulek.....	53
9.	Seznam použitých zkratk.....	53

# 1. Úvod a představení firmy

## 1.1. Úvod bakalářské práce

Tématem mé bakalářské práce je Aplikace metody FMEA při výrobě tepelného výměníku pro firmu Dioss Nýřany, a. s. V této společnosti již několik let probíhá výroba různých druhů tepelných výměníků. V nedávné době se zde rozběhla výroba nových typů tepelných výměníků do plynových konvektomatů pro německou firmu Rational. Hlavním úkolem této práce je posoudit pomocí nástroje FMEA rizika potencionálního vzniku chyb a navrhnout opatření, která by vedla ke snížení rizika. Firma Dioss Nýřany, a. s. vyrábí pro firmu Rational několik typů tepelných výměníků a vlastní analyzování všech těchto typů by bylo velmi podobné. Tyto tepelné výměníky se od sebe liší hlavně velikostí, proto se v mé práci důkladně zaměřím pouze na jeden typ tepelného výměníku, který zanalyzuji.

Proces výroby tepelných výměníků je ve firmě Dioss Nýřany, a. s. sledován z hlediska kvality a následně se výrobek podrobuje stoprocentní kontrole. Nekvalitní výrobek se k zákazníkovi nedostane, avšak během výroby se objevují interní neshody. Z toho důvodu by firma ráda zanalyzovala, které úkony při výrobě by se dali pozměnit, popřípadě přidat, aby se zmetkovitost snížila na minimum, a tím mohla firma zmenšit své náklady na neshody. Vhodným nástrojem pro zanalyzování a snížení nekvality je metoda FMEA.

V této práci se v hlavní části aplikace metody FMEA budu zabývat postupným popisem výroby tepelného výměníku, navrhnutím tabulek hodnocení kritérií a vlastním zpracováním tabulek FMEA na konkrétní typ tepelného výměníku. Po provedení celého analyzování a zjištění, které operace jsou nejvíce zmetkovité, navrhu potřebná nápravná opatření.



Obr. 1 Letecký pohled na areál společnosti Dioss Nýřany, a. s. <sup>[10]</sup>

## 1.2. Historie společnosti <sup>[1]</sup>

Historie nynějšího areálu firmy je bohatá na střídání různých výrob.

- Rok 1917 - zřízen muniční závod, který pracoval na vyzbrojování Československých ozbrojených sil i na exportních zakázkách.
- Rok 1953 - závod byl zařazen jako hlavní výrobní závod do státního podniku TESLA Karlín. S útlumem muniční výroby se začalo s elektrotechnickou produkcí.
- Rok 1960 - závod byl plně přeorientován na telekomunikační výrobu. Závod se proslavil ústřednou pro tisíc účastníků, produkce byla orientována převážně na export.
- Rok 1992 - společnost byla privatizována a vznikla nová společnost Dioss Nýřany, s. r. o. Tím došlo ke ztrátě původních trhů a bylo nutné závod postupně transformovat do nových výrobních oborů.
- Rok 1993 - začala první nová výroba pro japonskou firmu SANYO. Jednalo se o výrobu bateriových sestav do telefonů NOKIA.
- Rok 1999 - zaveden nový výrobní obor – klimatizační zařízení pro rychlovlaky. V roce 2009 byla z důvodu zvyšování produkce postavena nová hala, do které byla přesunuta výroba a montáž klimatizačních skříní, mechanismu dveří a vzduchotechnického zařízení pro rychlovlaky, příměstské jednotky a metro.
- Rok 2003 - vedení společnosti rozhodlo o expanzi ve strojírenské výrobě a byl vybudován nový obor s využitím technologie svařování tenkostěnných svařenců metodami TIG, MAG, WIG s kompletní nabídkou výroby dílů až po konečné montáže. Rozhodující etapou bylo zařazení firmy do seznamu vybraných dodavatelů firmy AIR POWER, která kompletuje dodávky americké firmy Ingersoll pro evropský a asijský trh.
- Rok 2003 - postavena nová moderní hala pro montáž elektrického nářadí pro firmu AEG.
- Rok 2005 - zahájena výroba zahradního nářadí pro předního světového výrobce zahradní techniky firmu WOLF GARTEN. V roce 2009 byl tento program přesunut do Maďarska.
- Rok 2006 - začátek spolupráce s firmou CELCO CZ, kde se vyráběly PCB desky pro plazmové televize, dále se vyráběly a montovaly chladiče PCB desek a AC inletů pro firmu Panasonic. Tato výroba byla ukončena v roce 2010.



Obr. 2. Logo společnosti <sup>[8]</sup>

V posledních letech došlo k výraznému rozvoji firmy, což vytvořilo možnost lepší konkuren-  
ceschopnosti a dlouhodobého působení společnosti na trhu Evropské unie. Zlepšilo se tech-  
nologické vybavení a rozšířily se výrobní plochy. Společnost je situována na samostatném  
území o rozloze cca 73ha vedle dálnice Plzeň – Rozvadov.

### **1.3. Současnost společnosti <sup>[1]</sup>**

#### **1.3.1. Výrobky a služby realizované společností**

Společnost Dioss Nýřany, a. s. se zabývá strojírenskou a elektrotechnickou výrobou a realizu-  
je tyto výroby a služby:

- zpracování plechu včetně ušlechtilé oceli
- výroba svařovaných konstrukcí ze železa, oceli a nerezů
- svařování hliníku a výroba složitých hliníkových konstrukcí
- ohýbání a svařování ušlechtilých ocelí
- obrábění kovů
- předpovrchová a povrchová úprava
- výroba parních výměníků a speciálních nerezových produktů
- výroba a montáž (včetně zkušebních testů) klimatizačních skříní pro kolejová vozidla
- výroba kanálových systémů do vlaků
- výroba a kompletní montáž elektrických rozváděčových skříní a výroba kabeláže
- montáž profesionálního ručního elektrického nářadí značek AEG, MILWAUKEE,...
- výroba komponentů pro kompresory
- výroba dílů a osazování desek pro elektrotechnický průmysl
- konstrukce a výroba nástrojů, přístrojů, lisovacích a vstřikovacích forem
- vývoj výrobků pro automatizaci operací v průmyslu a pro zlepšení životního prostředí
- 3D technologie pro individuální požadavky zákazníků
- výroba strojních dílů a lisovacích nástrojů
- vysekávání plechů na vysekávacích strojích
- výroba skříní přivaděčů pro vlaky, částí vlakových podvozků, speciálních madel pro vozy metra a výroba speciálních elektrotechnických skříní nebo rozvaděčů

### 1.3.2. Obchodní partneři společnosti

Rozhodujícími obchodními partnery jsou společnosti AIR POWER, EATON, RATIONAL, ATMOS, ŠKODA TRANSPORT, FAIVELEY, AEG, SWISSFORM, BOMBARDIER, EVOBUS, S&S, Schaltanlagenbau, LOMA, HEINZEL, TransRail apod.

Společnost patří mezi největší zaměstnavatele v regionu Plzeň-sever. Společnost Dioss Nýřany, a. s. byla v roce 2010 v rámci Západočeského kraje vyhlášena jako TOP FIRMA.

### 1.3.3. Certifikáty a záměry společnosti

O vysoké kvalitě produkce svědčí rozsáhlé výrobní certifikace:

- EN ISO 9001:2008 systém managementu kvality
- EN ISO 3834-2:2005 certifikace pro nejvyšší úroveň svařování
- DIN EN 15085-2 certifikace svařování pro drážní vozidla (vlaky, metro)
- certifikace lakování pro Deutsche Bahn (speciální procesy)
- certifikace pro svařování a výrobu pro Deutsche Bahn a DAIMLER Group

Výsledky zákaznických auditů potvrzují vysokou technickou vyspělost a spolehlivost.

Společnost se zaměřuje na rozšíření výrobních modifikací pro stávající obchodní partnery. V současné době je pro společnost důležité získat nové obchodní partnery, změnit koncepci plánování výroby, přizpůsobit se krátkým dodacím lhůtám a minimalizovat průběžnou dobu výroby. Cílem je udržet současnou zaměstnanost a zachovat výrobní potenciál firmy pro možný rozvoj.

## 2. Teoretický rozbor nástroje FMEA

FMEA (v anglickém znění: Failure Mode and Effects Analysis) neboli analýza možnosti vzniku vad a jejich následků nebo také analýza možného výskytu a vlivu vad je analytická metoda, jejímž úkolem je nalezení potencionálních selhání produktu nebo procesu a také nalezení příčin těchto selhání.

Metoda FMEA byla vytvořena již v roce 1960 v USA ve společnosti NASA v průběhu jejího vesmírného programu. Byla vytvořena jako nástroj pro hledání závažných rizik. První použití této metody bylo asi o 10 let později ve společnosti Ford. Hlavním důvodem prvního použití této metody byla špatná kvalita projektu Ford Pinto. Začátkem roku 1980 byla metoda FMEA zpracována do jednotné příručky, a také byla zahrnuta do normy QS9000. Během posledních 20-ti let se tato metoda postupně rozšiřovala a vyvíjela. <sup>[9]</sup>

FMEA je metoda, která se používá pro preventivní zajištění kvality. Určena je především k vyhledávání potenciálních chyb, jejich vyhodnocení a stanovení preventivních nápravných opatření, a to v různých fázích plánování jako jsou: vývoj, konstrukce, plánování procesů aj. FMEA je snadno pochopitelný a účinný postup k odhalování zdrojů chyb, určování preventivních opatření i odhadu jejich účinnosti již ve fázi plánování. U složitějších výrobků a procesů tato metoda vyžaduje velké časové nároky, které ale můžeme snížit nasazením výpočetní techniky. <sup>[2]</sup>

FMEA provádějí týmy, které se musí skládat ze zkušených odborníků z různých oborů. Důležitým předpokladem pro úspěšné vytvoření FMEA je právě zkušenost členů daného týmu. <sup>[2]</sup>

Tato metoda se provádí v následujících pěti krocích <sup>[2]</sup>:

- Určení funkčních znaků a jejich analýza.
- Nalezení potencionálních chyb a jejich příčin.
- Rozbor těchto možných chyb.
- Stanovení preventivních nápravných opatření.
- Nové zhodnocení po provedení těchto preventivních opatření.

## 2.1. Druhy FMEA <sup>[6]</sup>

- FMEA konstrukce – zabývá se vadami, jejichž příčina se nachází v konstrukčním řešení výrobku, neboli, že FMEA proběhne mnohem dříve, než se začne výrobek vyrábět.
- FMEA procesu – řeší neshody, jejichž příčina se nachází v procesu, a které poté mají negativní vliv na správné plnění funkcí produktu.
- FMEA výrobku – zabývá se vadami, jejichž příčiny jsou v konstrukci výrobku nebo v samotném procesu jeho zhotovování.

## 2.2. Použití FMEA <sup>[3]</sup>

Existují tři základní situace, ve kterých se FMEA zpracovává. Každá situace má rozdílný předmět nebo zaměření.

- Nové návrhy / technologie / procesy. Předmětem je celý tento návrh / technologie / proces.
- Změna stávajícího návrhu / procesu, ale za předpokladu, že stávající FMEA již existuje. Zaměření na změnu v procesu navrhování, na interakce, které byly vyvolané změnou a na projev výrobku v provozu.
- Využití stávajícího návrhu / procesu v novém prostředí / místě / pro nové uplatnění, ale za předpokladu, že stávající FMEA již existuje. Předmětem je dopad tohoto nového prostředí / místa na stávající návrh / proces.

## 2.3. Výhody aplikace metody FMEA <sup>[2]</sup>

- představuje systémový přístup k prevenci nekvality
- snižuje ztráty, které jsou vyvolané nízkou kvalitou výrobku
- zlepšuje image a konkurenceschopnost společnosti
- snižuje dobu řešení vývojových prací
- povoluje ohodnotit riziko možných vad a na jeho základě stanovit priority opatření, vedoucí ke zlepšení kvality návrhu
- poskytuje podklady pro zpracování a zlepšení plánu kvality
- je důležitou součástí kontrolního systému v oblasti tvorby návrhu
- náklady vynaložené na její provedení jsou jen zlomkem nákladů, které by mohly vzniknout při výskytu vad

## 2.4. Postup analýzy FMEA <sup>[2]</sup>

Pracovník, který je odpovědný za provádění analýzy metodou FMEA seznámí členy realizačního týmu s požadavky zákazníka. Realizační tým se musí skládat z členů z různorodého spektra zkušených odborníků, jako je například konstruktér, technolog, vývojář a obchodník, aby se analýza mohla provádět ze všech možných pohledů.

Prvním hlavním krokem vlastní analýzy je podrobné zmapování celého procesu výroby ze všech pohledů a zpracování přehledu všech možných vad, které by u dané součásti mohly nastat. U možných vad se dále analyzují všechny možné následky, ke kterým mohou tyto vady vést, přičemž jako následek se chápe působení vady na zákazníka. Ke každé možné vadě tým FMEA analyzuje všechny možné příčiny, které mohou vadu vyvolat.

Po provedené celkové analýze možných vad, jejich následků a příčin, následuje hodnocení současného stavu, při kterém se u identifikovaných vad hodnotí pomocí předem určených známek tři základní hlediska :

- závažnost vady,
- očekávaný výskyt vady,
- odhalitelnost vady.

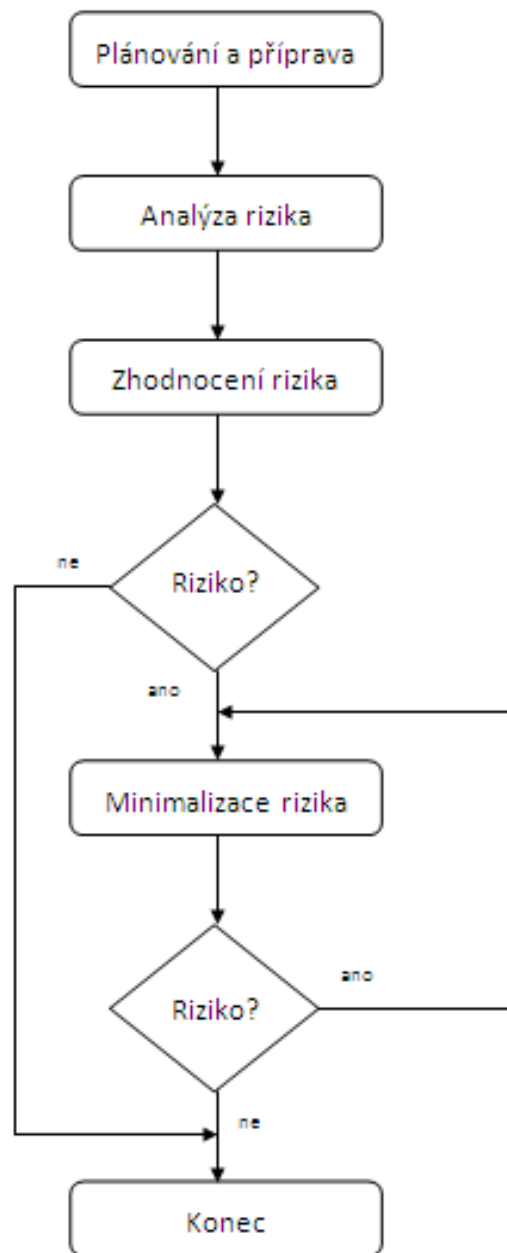
Po stanovení tří bodových hodnocení se pro každou možnou vadu, která může vzniknout vlivem určité příčiny, vypočte rizikové prioritní číslo (RPN), které představuje součin příslušných bodových hodnocení jednotlivých kritérií.

$$\text{Rizikové číslo} = \text{Závažnost} \times \text{Výskyt} \times \text{Odhalitelnost}$$

Po vypočtení rizikového prioritního čísla následuje vymezení skupiny možných vad, jejichž riziková čísla jsou vysoká a kde bude nutné navrhnout nápravná opatření ke snížení rizika. U procesů, kde je provedení nápravného opatření nutné, se navrhne a provede doporučené opatření ke snížení rizikového prioritního čísla.

Nakonec je vhodné tento nový stav znovu vyhodnotit a ujistit se, že jsme opravdu docílili snížení rizikového prioritního čísla, a tím i snížení možnosti vzniku dalších vad.





Obr. 3 Diagram analýzy metody FMEA

## 2.5. Rizikové prioritní číslo (RPN) <sup>[2]</sup>

Integrované kritérium neboli rizikové číslo - RPN (Risk priority number) se po stanovení tří bodových hodnocení (závažnost, výskyt, odhalitelnost) vypočítává pro každou možnou vadu, která může vzniknout vlivem určité příčiny. Rizikové číslo představuje součin příslušných bodových hodnocení jednotlivých kritérií.

Hodnota rizikového čísla slouží ke stanovení pořadí důležitosti možných vad vyvolaných určitou příčinou. Vzhledem k tomu, že dílčí kritéria jsou hodnocena v rozmezí od jednoho do deseti bodů, může se rizikové číslo pohybovat v rozmezí od 1 (absolutně nejlepší) do 1000 (absolutně nejhorší).

Je nutné si uvědomit, že rizikové číslo může v tomto rozmezí nabývat pouze vybraných hodnot, přičemž jejich rozdělení není rovnoměrné. Možných kombinací jednotlivých dílčích hodnot je tisíc, ale některých hodnot rizikového čísla nelze dosáhnout a některá se mohou při různých kombinacích opakovat.

Po hodnocení a stanovení rizikových čísel následuje vyčlenění skupiny možných vad, jejichž riziková čísla jsou příliš vysoká, a bude nutné navrhnout opatření ke snížení rizika. K tomuto účelu se nejčastěji používá porovnání dosažené hodnoty rizikového čísla se stanovenou kritickou hodnotou. Často používanou kritickou hodnotou rizikového čísla je hodnota 125, která odpovídá průměrnému hodnocení všech dílčích kritérií. Kritickou hodnotu rizikového čísla může stanovit zákazník, u důležitých výrobků bývá požadovaná hranice nižší.

Kromě hodnoty rizikového čísla se musí analyzovat také ty možné vady, u nichž některé z dílčích kritérií dosahovaly vysoké hodnoty.

### 2.5.1. Obecné rozdělení při hodnocení rizika možných vad a potřeba opatření

ZÁVAŽNOST	VÝSKYT	ODHALITELNOST	CHARAKTERISTIKA	POTŘEBA OPATŘENÍ
1	1	1	Ideální, cílový stav.	ne
1	1	10	Bezpečně řízený proces.	ne
10	1	1	Vada se nedostane k zákazníkovi.	ne
10	1	10	Vada se může dostat k zákazníkovi.	ano
1	10	1	Častá snadno odhalitelná vada, která ale stojí peníze.	ano
1	10	10	Častá vada, která se může dostat k zákazníkovi.	ano
10	10	1	Častá vada velkého významu.	<b>ano</b>
10	10	10	Tady není v pořádku nic.	<b>ano</b>

Tab. 1 Rozdělení rizika vad a potřeby nápravného opatření <sup>[2]</sup>

## 2.6. Formulář FMEA <sup>[3]</sup>

1) **FMEA číslo** - Číslo dokumentu.

2) **Prvek** - Název a číslo položky, pro kterou se proces analyzuje.

3) **Odpovědnost za proces** - Útvar, skupina a název dodavatele.

4) **Zpracoval** - Jméno technika, odpovědného za vypracování.

5) **Model** - Název analyzovaného modelu.

6) **Rozhodné datum** - Požadovaný termín ukončení.

7) **Datum FMEA** - Datum vypracování FMEA.

8) **Řešitelský tým** - Jména pracovníků oprávněných určovat

a/nebo vykonávat úkoly.

9) **Funkce procesu/požadavky na proces** - Popis analyzovaného procesu nebo operace.

10) **Projev možné vady** - Vypsání možných způsobů závad, kterými by proces mohl selhat.

Předpoklad, že vstupující díly/materiály jsou v pořádku a že se porucha může a nemusí vyskytnout.

11) **Možné důsledky vady** - Popsání důsledků závady tak, jak by je mohl pozorovat nebo vnímat zákazník. Konstatování, zda by způsob závady mohl ovlivnit bezpečnost nebo způsobit neshodu s předpisy.

12) **Závažnost (Z)** = známka spojená s nejzávažnějším důsledkem daného způsobu závady. Vyjadřuje relativní hodnocení v rámci dané FMEA. Znamka závažnosti se dá snížit změnou návrhu systému, subsystému nebo změnou procesu.

13) **Klasifikace** - Klasifikace speciální charakteristiky výrobku/procesu (př. klíčové, hlavní) nebo zdůraznění způsobu závad s vysokou prioritou pro technické vyhodnocení.

14) **Možná příčina** - Vypracování seznamu příčin závad, které se dají přiřadit ke každému možnému způsobu závady. Popsání příčin tak, aby opatření k nápravě mohla být zaměřena na související příčiny. Typické příčiny mohou zahrnovat např. nepřesné měření; nesprávné svařování; poškozený nástroj.

15) **Výskyt (V)** = známka charakterizující pravděpodobnost výskytu. Znamka výskytu je relativní hodnocení v rámci předmětu FMEA a nemusí vyjadřovat skutečnou pravděpodobnost výskytu. Snížení známky výskytu je možné odstraněním nebo zvládnutím příčin/mechanismů závady, změnou návrhu nebo procesu.

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ												FMEA číslo: 1)						
Prvek: 2)		Odpovědnost za proces: 3)		Str.:		Zpracoval: 4)		Datum zprac. (orig.)		(rev.)								
Model: 5)		Rozhodné datum: 6)		Řešitelský tým: 8)														
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Klasifikace	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhalitelnost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření 22)						
												Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhalitelnost	Ukazatel priority rizika		
Požadavky																		
9)	10)	11)	12)	13)	14)	15)	16)	17)	18)	19)	20)	21)						

Tab. 2 Tabulka analýzy možných závad a jejich důsledků <sup>[3]</sup>

16) **Stávající řízení závady** - Obsahuje popisy opatření, která výskytu způsobu nebo příčiny/mechanismu poruchy zabraňují nebo zjišťují způsob nebo příčinu/mechanismus závady, kdyby se vyskytla.

17) **Odhalitelnost (O)** = známka přiřazená nejlepším opatřením k odhalení. Relativní známka vztahující se k předmětu jednotlivé FMEA. Ke snížení hodnocení se musí zlepšit plánované řízení procesu.

18) **Ukazatel priority rizika (RPN)** - Je součinem známek závažnosti (Z), výskytu (V) a odhalitelnosti (O). V rámci FMEA se tato hodnota (v rozmezí 1 - 1000) dá použít pro sestavení žebříčku problémů procesu.  $RPN = (Z) \times (V) \times (O)$

19) **Doporučená opatření** - Technické přezkoumání pro přípravu preventivního opatření/opatření k nápravě má být zaměřeno nejdříve na vysokou závažnost a vysoké RPN (ukazatel priority rizika).

20) **Odpovědnost za doporučená opatření** - Pracovník odpovědný za doporučené opatření a cílové datum jeho ukončení.

21) **Provedená opatření** - Po zavedení opatření, zápis stručného popisu jeho provedení.

22) **Výsledky opatření** - Pro určení preventivního opatření a opatření k nápravě odhadnout a zapsat výsledné známky závažnosti, výskytu a odhalitelnosti. Vypočítat a zapsat výsledné RPN. Pokud není přijaté opatření, příslušné sloupce známek nevyplňujeme.

Cíl: neustálé zlepšování.

### 3. Představení tepelného výměníku

#### 3.1. Firma Rational<sup>[4]</sup>

Firma Rational je globální společnost, je podnikem kuchařů a 30 let největším vývojovým týmem na trhu, který zahrnuje kuchaře, odborníky na výživu, fyziky a inženýry. V důsledku vedoucího postavení této firmy v technologiích, v kombinaci s nárůstem výkonu a kvality je firma Rational lídrem v oblasti tepelné přípravy jídla v profesionálních kuchyních.



Obr. 4 Logo firmy Rational<sup>[4]</sup>

#### 3.2. Konvektomat

Konvektomaty jsou moderní kuchyňská víceúčelová technologická zařízení pracující na principu horkovzdušné trouby za spoluúčasti cirkulace horkého vlhkého vzduchu v uzavřeném varném prostoru, kterou zajišťuje ventilátor. V ČR jsou konvektomaty nabízeny řadou firem a jsou velmi prospěšnými a téměř nenahraditelnými pomocníky kuchařů v restauracích<sup>[7]</sup>.

Firma Rational vyrábí 6 typů konvektomatů CombiMaster. Konvektomat obecně může být na plynovém nebo elektrickém principu. Rozlišují se podle zdroje tepla. Dále se konvektomaty liší podle výkonového stupně a velikosti. Technologie těchto konvektomatů zaručí vynikající kvalitu, dlouhodobou životnost, maximální různorodost použití a především jednoduché použití.

V této bakalářské práci se dále budu zabývat tepelným výměníkem pro plynový konvektomat typu 61 G (Obr. 5).



Obr. 5 Typy konvektomatů<sup>[4]</sup>

### 3.3. Tepelný výměník

#### Princip tepelného výměníku

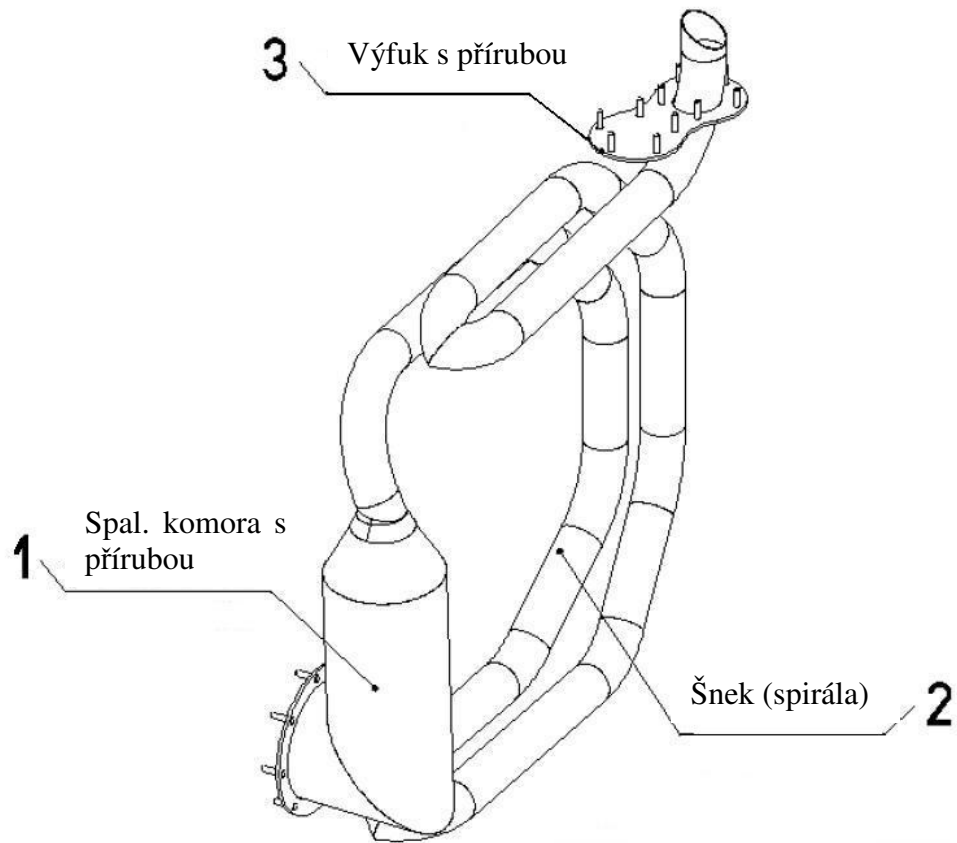
Hlavní princip tepelného výměníku spočívá v přestupu tepla z povrchu šneka (spirály) do vzduchu, který je v prostoru s potravinami, neboli v prostoru konvektomatu. V tomto prostoru konvektomatu se nachází vzduch, který je nazýván vzduchem sekundárním. Teplo pro ohřátí tohoto sekundárního vzduchu vzniká ve spalovací komoře. Do vlastní spalovací komory vstupuje plyn a takzvaný primární vzduch. Tento primární vzduch je odveden šnekem a výfukem ve formě spalin do okolního venkovního ovzduší. Při tomto procesu horké spaliny vedené šnekem ohřejí jeho povrch, a tím dojde k ohřátí sekundárního vzduchu v prostoru konvektomatu. Díky tomuto procesu se v konvektomatu udržuje teplo, které je schopné tepelně upravovat potraviny.

Tento princip je prakticky podobný principu radiátoru, kde v žebrech proudí horká voda, a tyto žebra vytápějí místnost s takzvaným sekundárním vzduchem, jako tomu bylo u konvektomatu.

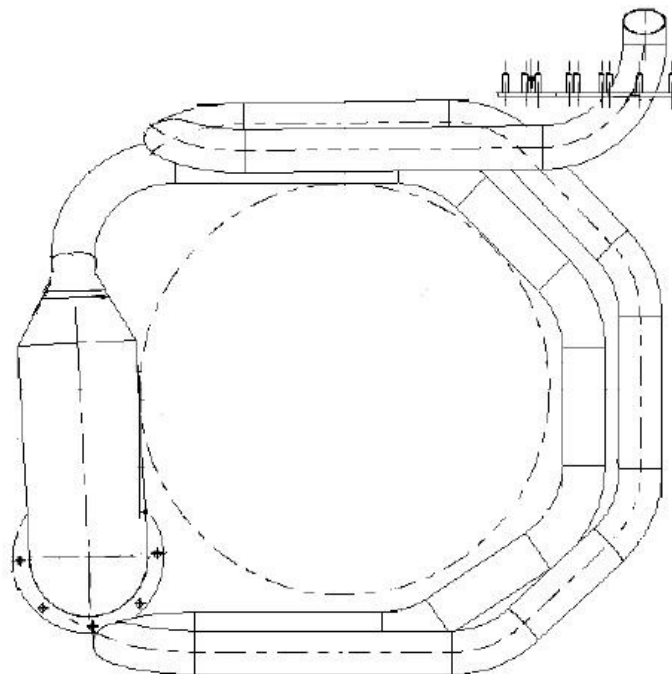
Hlavní části tepelného výměníku (Obr. 6) jsou:

- Spalovací komora s přírubou – vznik tepla pro ohřátí sekundárního vzduchu.
- Šnek neboli spirála – odchod tepla do prostoru konvektomatu.
- Výfuk s přírubou – odvod spalin.
- 3 typy různě dlouhých a ohnutých trubek

Společnost Dioss Nýřany, a.s. vyrábí pro německou firmu Rational různé typy tepelných výměníků. Tyto tepelné výměníky se od sebe liší hlavně rozměrově, a také v počtu trubek šneka. Šnek (spirála) tepelného výměníku může mít jednu až tři trubky. Tři trubky slouží pouze ke zvýšení výkonu, protože získáme větší povrch, a tím pádem přestoupí do sekundárního vzduchu více tepla. Tímto nám v konvektomatu vzniká větší teplo. Z toho vyplývá, že můžeme zvětšit objem celého konvektomatu při zachování stejně vysoké teploty jako u malého konvektomatu s jednou trubkou šneka.



Obr. 6 3D schéma tepelného výměníku s popisem <sup>[1]</sup>

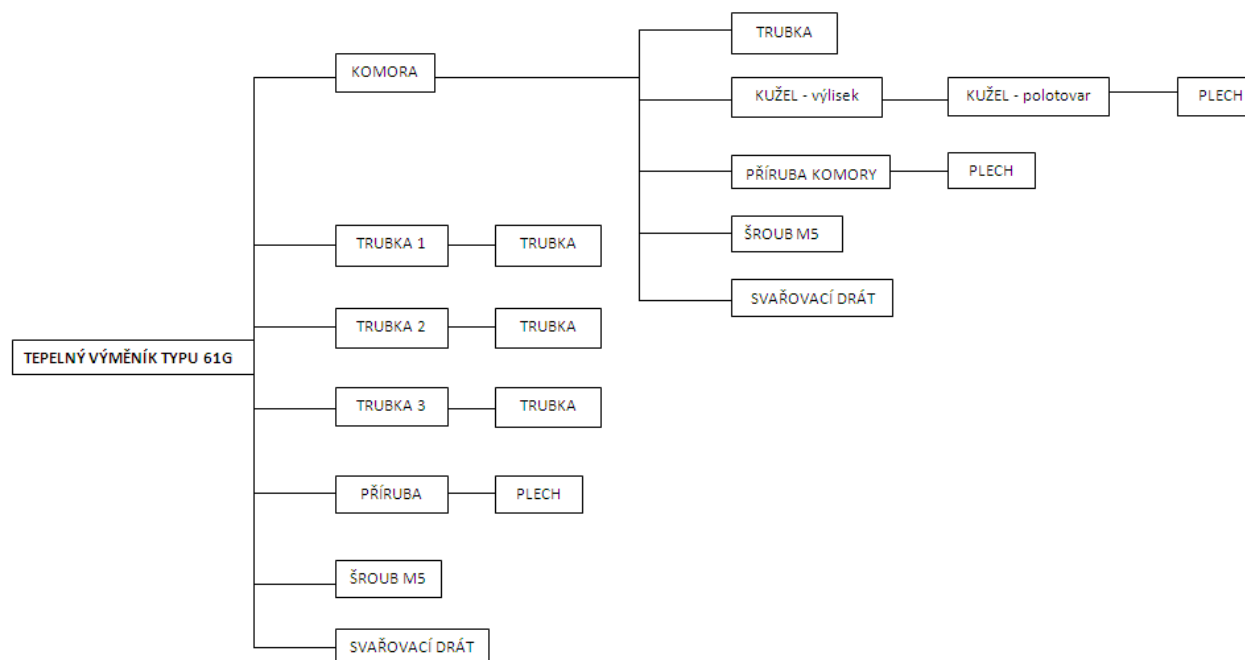


Obr. 7 Bokorys tepelného výměníku <sup>[1]</sup>

## 4. Aplikace metody FMEA

S firmou Dioss Nýřany, a. s. jsem se dohodla, že pro bakalářskou práci použiji tepelný výměník typu 61G, který se skládá z jedné trubky šneka. Tato trubka má na jednom konci spalovací komoru s přírubou, a na druhém je výfuk s přírubou. Dále se budu zabývat samotnou výrobou tepelného výměníku dle technologického postupu firmy Dioss Nýřany, a.s. a následně budu aplikovat metodu FMEA, kde posoudím potencionální možnosti vzniku chyb.

### 4.1. Schéma komponentů tepelného výměníku



Obr. 8 Schéma komponentů tepelného výměníku

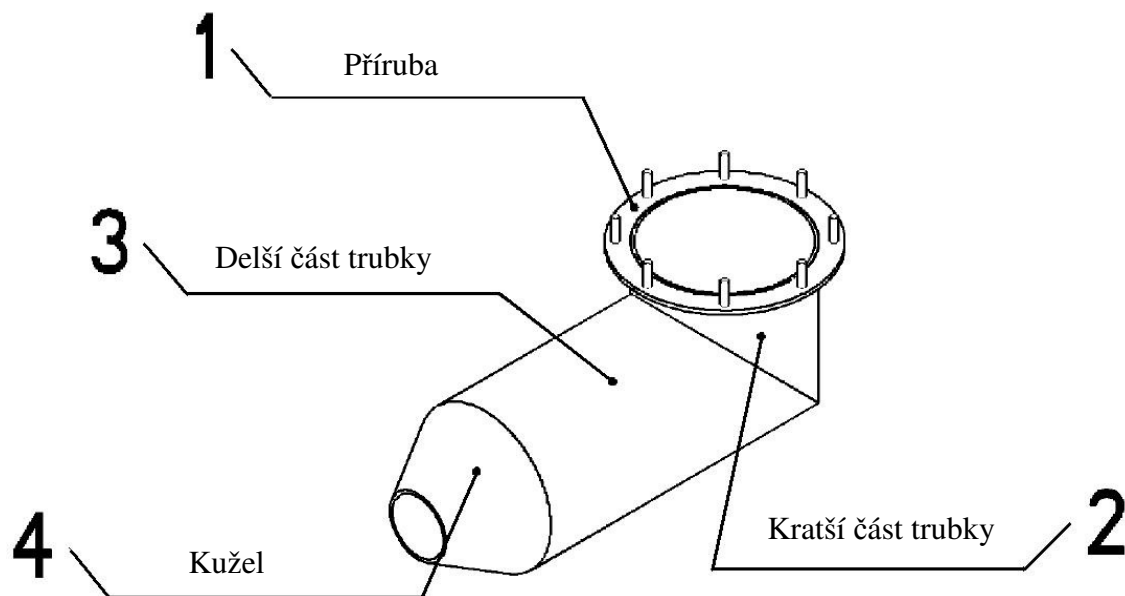
## 4.2. Popis výroby tepelného výměníku typu 61G

Tepelný výměník typu 61G se dle technologického postupu firmy skládá z těchto částí: spalovací komora, trubka 1, trubka 2, trubka 3, příruba a šrouby. Všechny tyto části tepelného výměníku jsou vyrobeny z nerezové oceli a svařeny nerezovým drátem.

### Spalovací komora

Spalovací komora se skládá z několika částí:

- trubka (delší část, kratší část), kužel (výlisek), příruba, šrouby.



Obr. 9 3D Schéma spalovací komory [1]

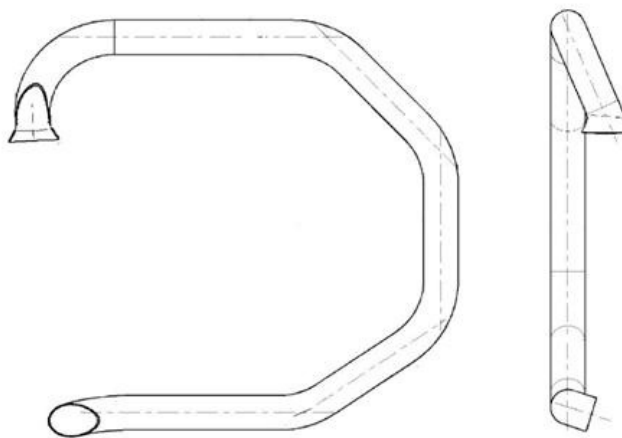
Výroba spalovací komory se skládá z několika operací. Nejdříve je na laseru nutné z plechu vypálit kuželový tvar, odstranit okuje a zápalý. Z výpalku plechu se vylisuje předtvar a výsledný kužel. Následuje vypálení tvaru příruby z plechu opět na laseru, odstranění okují a zápalu. Poté je potřeba nařezat trubku o průměru 104 mm na danou délku 268,5 mm, a tuto trubku rozříznout pod úhlem 45° na délky 122,5 mm a 248 mm. Tímto získáme obě části trubek spalovací komory. Tyto dvě části párujeme po řezu pro svaření, odjehlíme je a otřeme od oleje. Kužel svaříme s delší trubkou a svařené díly sestehujeme po obvodu. Koleno komory svaříme tím, že přivaříme kratší trubku pod úhlem 90° ke konci delší trubky a opět sestehujeme po obvodu. Poté navaříme přírubu komory na druhý konec kratší trubky, sestehujeme po obvodu a přírubu na komoře vyrovnáme. V přípravku zavaříme šrouby M5. Plochy svarů otryskáme a odmastíme propláchnutím ve vaně.



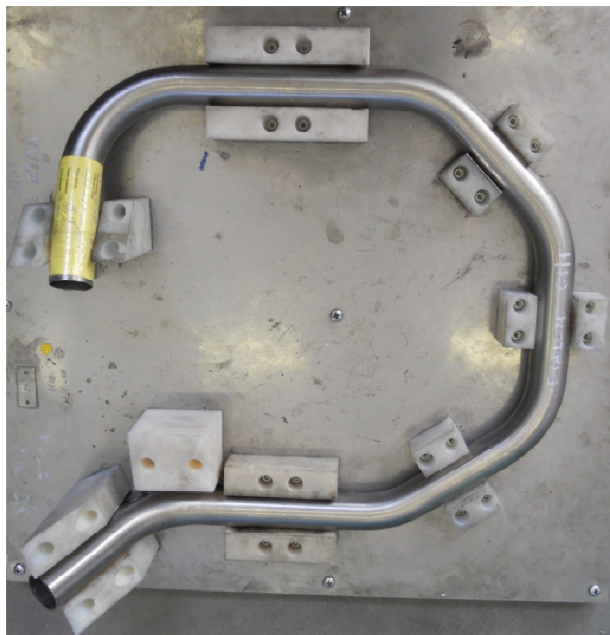
### Trubka 1

Trubka č. 1 je vyrobena z trubky o průměru 38 mm, tloušťky 1 mm a délky 3540 mm, která se uřízne na délku 1370 mm, odjehlí se po řezu a vyčistí od pilin. Trubka se vloží do ohýbačky a ohne dle daného programu. Trubku je nutné kontrolovat v ohýbací šabloně, zda byla správně ohnuta. Oba konce trubky zařídíme na pile, odjehlíme a očistíme od pilin. Následně se v přípravku vylisuje kuželové rozšíření a celá trubka se musí odmastit a propláchnout ve vaně.

Na (Obr. 10) je znázorněna trubka číslo 1, kterou jsem použila z výkresové dokumentace firmy a na (Obr. 11) je vidět uložení trubky do ohýbací šablony, kde probíhá kontrola správného ohnutí.



Obr. 10 Trubka číslo 1 <sup>[1]</sup>

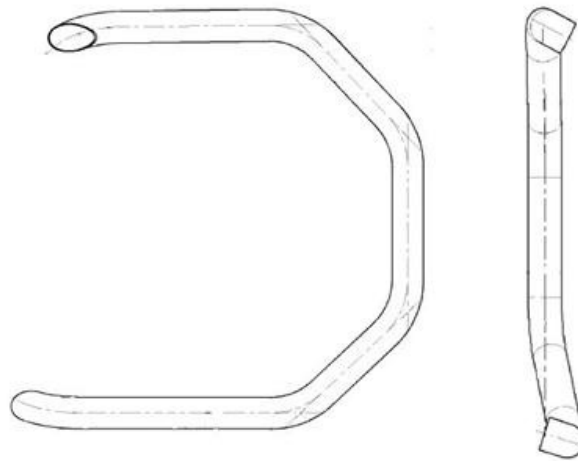


Obr. 11 Uložení trubky číslo 1 do šablony

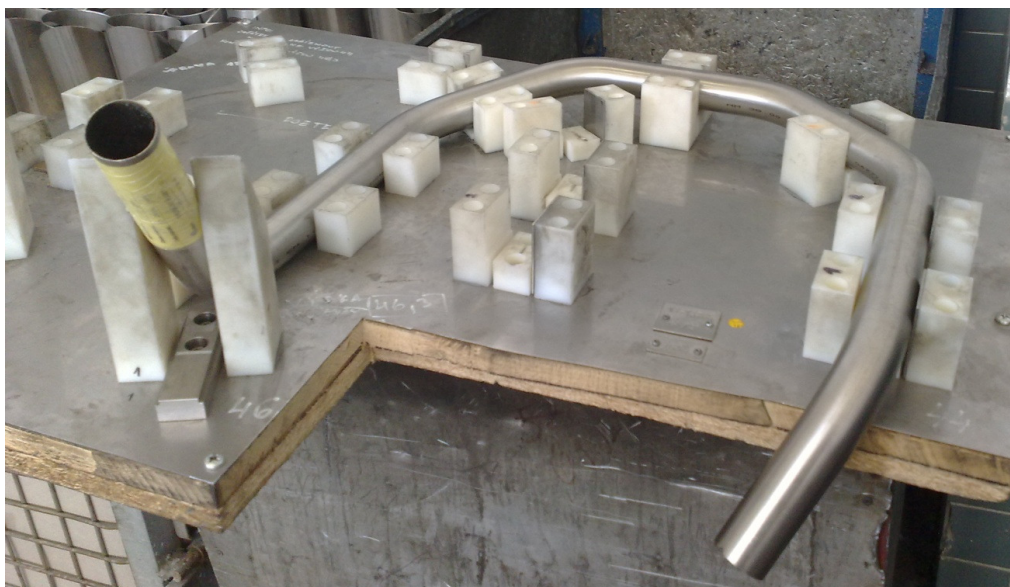
## Trubka 2

Trubka č. 2 je vyrobena ze zbylé části trubky č. 1, kterou uřízneme na délku 1470 mm, odjehlíme ji po řezu a vyčistíme od pilin. Dle daného programu trubku ohneme v ohýbače a poté je potřeba ji zkontrolovat. Začátek a konec trubky zařízneme na pile, odjehlíme a opět očistíme od pilin. Nakonec se trubka musí odmastit a propláchnout ve vaně.

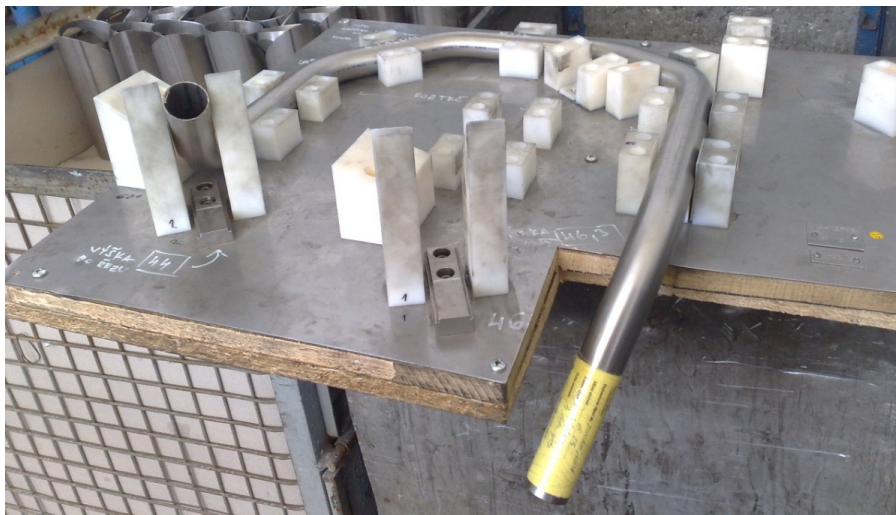
Na (Obr. 12) je znázorněna trubka číslo 2, kterou jsem také použila z výkresové dokumentace firmy a na (Obr. 13) je vidět uložení trubky do jedné polohy v ohýbací šabloně. Na (Obr. 14) je vidět uložení této trubky do druhé polohy v ohýbací šabloně. Tento úkon je opět nutný pro kontrolu správného ohnutí trubky. Trubku je nutné pro zajištění správného tvaru ukládat do šablony v těchto dvou daných polohách.



Obr. 12 Trubka číslo 2 <sup>[1]</sup>



Obr. 13 Uložení trubky číslo 2 do první části šablony



Obr. 14 Uložení trubky číslo 2 do druhé části šablony

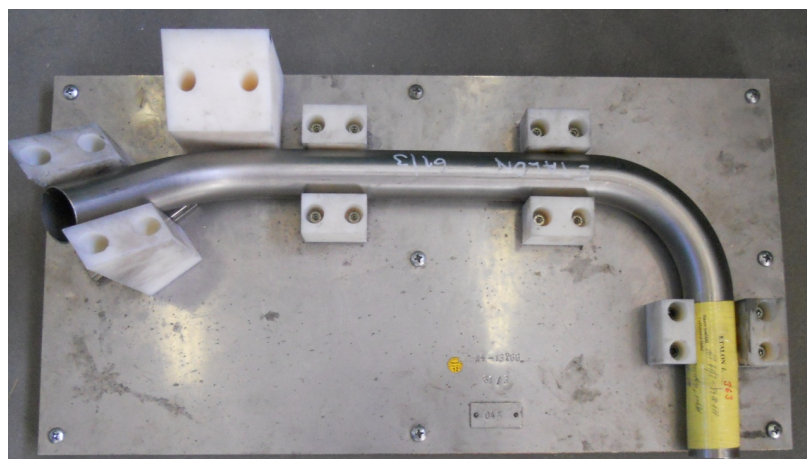
### Trubka 3

Trubka č. 3 je vyrobena ze zbylé části trubky č. 2, která má délku 700 mm. Trubku odjehlíme po řezu a vyčistíme od pilin. Založíme jí do ohýbačky, ohneme dle programu a kontrolujeme v ohýbací šabloně. Začátek a konec trubky zařídíme na pile, odjehlíme a očistíme od pilin. Dále trubku odmastíme a propláchneme ve vaně.

Na (Obr. 15) je znázorněna trubka číslo 3, použitá z výkresové dokumentace firmy a na (Obr. 16) je vidět uložení této trubky do ohýbací šablony, kde se kontroluje správné ohnutí.



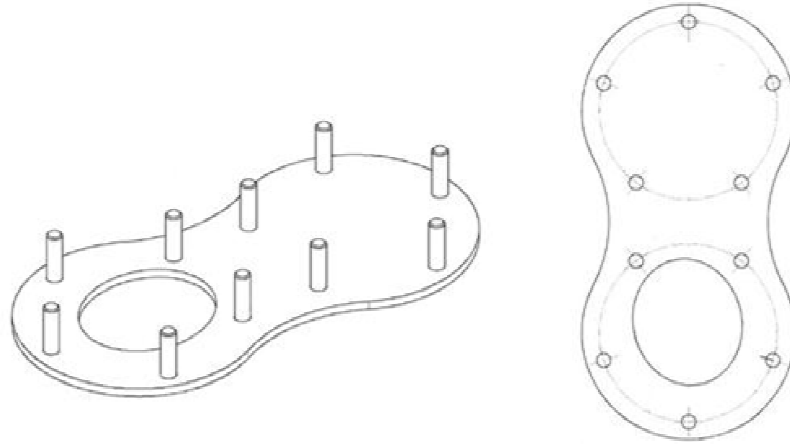
Obr. 15 Trubka číslo 3 <sup>[1]</sup>



Obr. 16 Uložení trubky číslo 3 v kontrolní šabloně

### Příruba

Příruba se vyrábí z plechu o velikosti 3x1000x2000. Podle programu firmy Rational se vypálí tvar příruby, odstraní se vady výpalku a poté se zkontroluje.



Obr. 17 Příruba <sup>[1]</sup>

### Šrouby M5x20

Vlastní šrouby velikosti M5 a délky 20 mm si firma sama nevyrábí, ale nakupuje.

### Svařovací drát 1,6

Svařovací drát se zde opět nevyrábí, ale také se hromadně nakupuje.

### Kompletování tepelného výměníku 61G

Kompletace tepelného výměníku probíhá tak, že trubku č. 2 a trubku č. 3 upneme do přípravku na svařování, po obvodu sestehujeme a svaříme. Do přípravku na svařování upneme trubku č. 1 a spoj trubek č. 2 a 3 a opět sestehujeme a svaříme. Poté v přípravku na svařování přivaříme šrouby do příruby a přírubu po svaření na jeden konec šneka vyrovnáme. Na druhý konec šneka přivaříme spalovací komoru. Všechny díly celé sestavy upneme do přípravku na svařování, sestehujeme a svaříme. Přírubu a výměník vyrovnáme, otryskáme plochy svarů a očistíme od prachu. Odmastíme propláchnutím ve vaně. Namontujeme zaslepovací přírubu, natlakujeme a odzkoušíme svary na těsnost ponořením do vody ve zkušební vaně. Nakonec tepelný výměník odzkoušíme v konečné kontrolní šabloně.



Obr. 18 Fotografie zkompletovaného tepelného výměníku



Obr. 19 Uložení tepelného výměníku do kontrolní šablony

### 4.3. Tabulky FMEA vlastní výroby tepelného výměníku

#### 4.3.1. Návrh kritérií hodnocení závažnosti

Závažnost je známka, která je spojená s nejméně závažným důsledkem dané závady. Závažnost vyjadřuje relativní hodnocení v rámci dané FMEA. Hodnota známky se dá snížit např. změnou návrhu systému, komponenty nebo změnou procesu. [3]

Při hodnocení závažnosti v daných tabulkách FMEA využívám kritéria závažnosti důsledku s dopadem na výrobu/montáž. Jedná se o pravou část níže uvedené tabulky. Levé kritérium závažnosti důsledku s dopadem na zákazníka v mém případě nebylo vhodné využít, protože výroba tepelných výměníků je na konci výroby stoprocentně zkontrolována, tak je zde malá šance, že by poškozené zboží během výroby došlo k zákazníkovi.

NÁVRH KRITÉRIÍ HODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI			
Důsledek	Kritéria závažnosti důsledku (dopad na zákazníka)	Kritéria závažnosti důsledku (dopad na výrobu/montáž)	Známka
Kritický bez výstrahy	Výrobek není možné použít (př. špatné rozměry nebo nekvalitní svar, který způsobí netěsnost výrobku).	Výrobek nelze dále použít, vysoké náklady na opravu nebo šrotace dílu.	10
Kritický s výstrahou	Zbytky kovu (špony) nebo písku uvnitř výrobku.	Vrácení dílu z výstupní kontroly na proplach.	9
Velmi závažný	Vada nemá vliv na funkčnost, ale způsobí problémy při montáži u zákazníka (rozměry mimo toleranci).	Vrácení dílu, vysoké náklady na opravu nebo šrotace dílu.	8
Závažný	Vada nemá vliv na funkčnost, ale způsobí problémy při montáži u zákazníka (př. ohnutý šroub u příruby).	Vrácení dílu z výstupní kontroly na proplach - oprava - vyšší náklady.	7
Mírný	Zbytky vody ve výměníku při testování u zákazníka dojde po prvním zahoření k vývinu páry.	Vrácení dílu z výstupní kontroly na proplach - rychlá oprava - zanedbatelné náklady.	6
Nízký	Vizuální vady bez vlivu na funkčnost (př. deformace povrchu).	Vrácení dílu z výstupní kontroly na opravu.	5
Velmi nízký	Vizuální vady bez vlivu na funkčnost (př. škrábance na povrchu).	Oprava v rámci výstupní kontroly.	4
Nepatrný	Výrobek je možné použít bez omezení (př. skvrny na povrchu výrobku).	Žádný dopad, výrobek (polotovár) lze dále zpracovat bez opravy.	3
Zanedbatelný	Vada se neprojevuje na funkčnosti a nelze ji zjistit bez speciálního měření.	Žádný dopad, výrobek (polotovár) lze dále zpracovat bez opravy.	2
Žádný	Žádný znatelný důsledek.	Žádný dopad.	1

Tab. 3 Návrh kritérií hodnocení závažnosti

#### 4.3.2. Návrh kritérií hodnocení odhalitelnosti

Odhalitelnost je relativní známka, která je přiřazena nejlepším opatřením k odhalení. Ke snížení hodnoty je nutné zlepšit plánované řízení procesu. Je nepravděpodobné, že by náhodné kontroly kvality mohly odhalit izolovanou vadu a neměly by ovlivnit známku odhalitelnosti. <sup>[3]</sup>

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

Tab. 4 Návrh kritéria hodnocení odhalitelnosti

### 4.3.3. Návrh kritérií hodnocení výskytu

Výskyt je pravděpodobnost, že se příčina závady vyskytne. Tuto pravděpodobnost charakterizuje relativní známka. <sup>[3]</sup>

Známku lze snížit odstraněním nebo zvládnutím příčin závady změnou procesu. <sup>[3]</sup>

Pro zajištění plynulosti se používá soustavný systém známkování výskytu. <sup>[3]</sup>

NÁVRH HODNOCENÍ KRITÉRIÍ VÝSKYTU		
Pravděpodobnost	Pravděpodobné četnosti poruch	Známka
Velmi vysoká: Neustálé závady	> 70 %	10
	< 70 %	9
Vysoká: Částečné závady	< 60 %	8
	< 50 %	7
Mírná: Občasné závady	< 40 %	6
	< 30 %	5
Nízká: Poměrné málo závad	< 20 %	4
	< 10 %	3
Vzácná: Závada je nepravděpodobná	< 5 %	2
	< 1 %	1

Tab. 5 Návrh hodnocení kritérií výskytu



### 4.3.4. Vlastní zpracování tabulek FMEA

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ												FMEA číslo: 1 Str.: 1/8				
Prvek: <b>SPALOVACÍ KOMORA č.výkresu: 74.00.775</b>						Odpovědnost za proces: vedoucí dílny						Zpracoval: Jitka Murtingerová				
Model: TEPELNÝ VÝMĚNÍK 61G						Rozhodné datum: 25.5.2012						Datum zprac. (orig.) 25.5.2012 (rev.)				
Řešitelský tým: Ing. Jaroslav Strnad; Jitka Murtingerová																
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhaltelost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření					
											Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhaltelost	Ukazatel priority rizik	
Požadavky																
Vypálení na laseru	Vypálit tvar na kužel z plechu	nedodržení tvaru dle výkresu	nelze dále použít	10	výpadek proudu, porucha stroje	1	při následné operaci	4	<b>40</b>	-	-	-	-	-	-	-
	Odstranit okuje a zápaly	polotovary s okujemi a zápaly	žádný dopad	1	nedodržení techn. postupu	1	vizuální kontrola	8	<b>8</b>	-	-	-	-	-	-	-
Lisování	Lisování předtvaru z polotovaru	roztržení materiálu	nelze dále použít	10	vada plechu	1	při následné operaci	4	<b>40</b>	-	-	-	-	-	-	-
	Lisování kužele z polotovaru	roztržení materiálu	nelze dále použít	10	vada plechu	1	při následné operaci	4	<b>40</b>	-	-	-	-	-	-	-
Vypálení na laseru	Vypálit tvar na přírubu z plechu	nedodržení tvaru dle výkresu	nelze dále použít	10	výpadek proudu, porucha stroje	1	při následné operaci	4	<b>40</b>	-	-	-	-	-	-	-
	Odstranit okuje a zápaly	polotovary s okujemi a zápaly	žádný dopad	1	nedodržení techn. postupu	1	vizuální kontrola	8	<b>8</b>	-	-	-	-	-	-	-
Řezání	Řezat trubku a odjehlít	nesprávná délka trubky	vrácení k úpravě s dopadem do nákladů	8	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	<b>96</b>	-	-	-	-	-	-	-
	Řezat polotovary															
	Párovat obě části po řezu															
	Odjehlít a otřít															

Tab. 6 FMEA tabulka číslo 1

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ											FMEA číslo: 2 Str.: 2/8						
Prvek: SPALOVACÍ KOMORA č.výkresu: 74.00.775						Odpovědnost za proces: vedoucí dílny					Zpracoval: Jitka Murtingerová						
Model: TEPELNÝ VÝMĚNÍK 61G						Rozhodné datum: 25.5.2012					Datum zprac. (orig.) 25.5.2012 (rev.)						
Řešitelský tým: Ing. Jaroslav Strnad; Jitka Murtingerová																	
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhaltelnost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření						
											Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhaltelnost	Ukazatel priority rizik		
Požadavky																	
Svařování komory	Svařit kužel s trubicí	nedodržení rozměrů	4	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	48			-						
	Svařené díly sestehovat po obvodu																
	Svařit koleno komory a po obvodu sestehovat																
	Navařit přírubu komory na konec trubky	nekvalitní svar	vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady	6	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	72			-					
	Sestehovat po obvodu																
	Po svaření přírubu vyrovnat																
	V přípravku zavařit šrouby	deformace šroubu	vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady	6	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	72			-					
Plochy svarů otryskat a odmastit	neodmaštěno - ztížené svařování	oprava v rámci výstupní kontroly	4	nedbalost pracovníka	1	při následné operaci	4	16			-						

Tab. 7 FMEA tabulka číslo 2

### FMEA tabulka č. 1 a 2.

Prvkem těchto dvou FMEA tabulek je spalovací komora tepelného výměníku. Řešitelský tým nejprve rozdělil výrobu této součásti do 5 hlavních technologických procesů, kterými byly: vypálení na laseru, lisování, opět vypálení na laseru, řezání a nakonec svařování komory.

Vypálení na laseru: Prvním úkonem procesu je vypálení kuželového z plechu, kde projevem možné vady může být nedodržení tvaru dle výkresu a důsledkem bude, že se tento výrobek nedá dále použít. Hlavní možnou příčinou může být výpadek proudu v místnosti, kde se laser nachází nebo porucha laseru. Závada se zjistí při následné operaci. Druhým úkonem procesu je odstranění okují a zápalů, projevem možné vady je polotovar, který má okuje a zápalý. Tato vada nemá žádný vážný dopad, příčinou může být nedodržení technologického postupu a závada se zjistí při vizuální kontrole.

Lisování: Prvním úkonem lisování je lisování předtvaru z polotovaru. Projev vady může být roztržení materiálu, kdy tento polotovar nelze dále použít. Příčinou může být vada plechu a tato závada se zjistí při následné operaci. Druhým úkonem je lisování kužele z polotovaru, kde je projevem vady opět roztržení materiálu, dále také nelze tento polotovar použít, příčinou může být také vada materiálu, která se zjistí při následné operaci.

Vypálení na laseru: Prvním úkonem je vypálení tvaru na přírubu z plechu, kdy projevem vady může být nedodržení tvaru dle technologického výkresu. Tento výrobek nelze dále použít. Příčinou může být výpadek proudu nebo porucha tohoto stroje a tato závada se zjistí při následné operaci. Druhým úkonem je odstranění okují a zápalů. Vadou je polotovar, který má okuje a zápalý. Vada nemá žádný vážný dopad, příčinou může být nedodržení technologického postupu a závadu zjistíme při vizuální kontrole.

Řezání: Zaprvé se musí nařezat trubka a odjehlit, dále nařezat polotovar, tyto obě části po řezu párovat a nakonec odjehlit a otrít. Vadou těchto úkonů může být nesprávná délka trubky, důsledkem je vrácení k úpravě, což má za následek dopad do nákladů. Příčinou je nedbalost pracovníka a závadu zjistíme při následné operaci.

Svařování komory: Tento proces se skládá z několika úkonů, kterými jsou svaření kužele s trubkou, sestehování svařených dílů po obvodu, svaření kolena komory a sestehování po obvodu, navaření příruby komory na konec trubky, sestehování po obvodu a vyrovnání příruby po svaření. Projevy možné vady u těchto úkonů můžou být nedodržení rozměrů, což má za důsledek opravu v rámci výstupní kontroly, příčinou je nedbalost pracovníka a závadu zjistíme při následné operaci. Dalším projevem může být nekvalitní svar, jehož důsledkem je vrá-

cení k úpravě se zanedbatelnými náklady, příčinou je opět nedbalost pracovníka a závadu zjistíme při následné operaci. Dalším úkonem procesu je zavaření šroubů v přípravku, kde projevem možné vady může být deformace šroubu, důsledkem je vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady, příčinou je nedbalost pracovníka a závadu zjistíme při následné operaci. Posledním úkonem je otryskání a odmaštění ploch svarů. Projevem vady je neodmaštění, což zhoršuje svařování. Možným důsledkem je oprava v rámci výstupní kontroly, příčinou je nedbalost pracovníka a závadu odhalíme při následné operaci.

Všem těmto úkonům tým přiřadil daná bodová hodnocení dle tabulek hodnocení závažnosti, výskytu a odhalitelnosti a vypočítal ukazatele priority rizika u každého procesu. Dále tyto ukazatele porovnal se stanovenou kritickou hodnotou. Často používanou kritickou hodnotou rizikového čísla je hodnota 125, která odpovídá průměrnému hodnocení všech dílčích kritérií. U prvku „spalovací komora tepelného výměníku“ žádný z procesů kritickou hodnotu nepřesáhl, takže nebylo nutné navrhnout nápravného opatření.

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ											FMEA číslo: 3 Str.: 3/8					
Prvek: <b>TRUBKA 61/1 č.výkresu: 74.00.760</b>						Odpovědnost za proces: vedoucí dílny					Zpracoval: Jitka Murtingerová					
Model: TEPELNÝ VÝMĚNÍK 61G						Rozhodné datum: 25.5.2012					Datum zprac. (orig.) 25.5.2012 (rev.)					
Řešitelský tým: Ing. Jaroslav Strnad; Jitka Murtingerová																
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření					
											Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizik	
Požadavky																
Rezáání	Řezat a odjehlít	nesprávná délka trubky	vrácení k úpravě s dopadem do nákl.	8	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	<b>96</b>	-	-	-	-	-	-	
Ohýbání	Ohýbat a kontrolovat v šabloně	nedodržení rozměrů	vrácení k úpravě s dopadem do nákladů	8	neodladěný ohyb 1.kusu	3	kontrola šablonou	3	<b>72</b>	-	-	-	-	-	-	
Rezáání	Zaříznout začátek trubky a odjehlít	nedodržení rozměrů	vrácení k úpravě s dopadem do nákladů	8	nedbalost pracovníka	4	při následné operaci	4	<b>128</b>	vyrobít přípravky pro kontrolu správné polohy řezu trubek a správné délky trubky	technolog	přípravky vyrobeny a zavedeny do výroby	3	3	4	<b>36</b>
	Zaříznout konec trubky a odjehlít															
Lisování	Lisovat kuželové rozšíření	roztržení materiálu	nelze dále použít	10	vada plechu	1	při následné operaci	4	<b>40</b>	-	-	-	-	-	-	
	Odmastit a propláchnout ve vodě	neodmaštěno - ztížené svařování	oprava v rámci výstupní kontroly	4	nedodržení technologického postupu	1	vizuální kontrola	8	<b>32</b>	-	-	-	-	-	-	

Tab. 8 FMEA tabulka číslo 3

### FMEA tabulka č. 3.

Prvkem této tabulky FMEA je trubka s označením 61/1. Řešitelský tým nejprve rozdělil výrobu součásti do 5 hlavních technologických procesů, kterými byly: řezání, ohýbání, opět řezání, lisování a konečné odmaštění.

Řezání: Úkolem procesu je řezat a odjehlit trubku. Projevem možné vady u této součásti může být nesprávná délka trubky, důsledkem je vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Příčinou je nedbalost pracovníka a závadu zjistíme při následné operaci.

Ohýbání: Úkolem je ohýbat trubku a zkontrolovat ji v kontrolní šabloně. Projevem vady je nedodržení rozměrů, důsledkem je pak vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Možnou příčinou je neodladěný ohyb u 1. kusu a závadu zjistíme při kontrole v šabloně.

Řezání: Prvním úkonem procesu je zaříznutí začátku trubky a odjehlení a druhým úkonem je zaříznutí konce trubky a opět odjehlení po zaříznutí. Projevem vady je nedodržení rozměrů, což má za důsledek vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Příčinou je nedbalost pracovníka a závadu je možné zjistit při následné operaci.

Lisování: Úkonem tohoto procesu je lisování kuželového rozšíření trubky, projev možné vady je roztržení materiálu, což vede k nepoužitelnosti tohoto výrobku. Možnou příčinou je vada plechu a závadu zjistíme při následné operaci.

Posledním úkonem je odmaštění trubky a propláchnutí ve vodě. Projev možné vady je neodmaštění, což ztíží svařování. Možným důsledkem je oprava v rámci výstupní kontroly. Příčinou je nedodržení technologického postupu a zjištění této závady je vizuální kontrolou.

Všem úkonům bylo přiřazeno bodové hodnocení, vypočítal se ukazatel priority rizika a ten se porovnal s kritickou hodnotou 125. Po porovnání bylo zjištěno, že proces řezání tuto kritickou hodnotu přesáhl a je tedy nutné navrhnout nápravné opatření.

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ											FMEA číslo: 4 Str.: 4/8					
Prvek: <b>TRUBKA 61/2 č.výkresu: 74.00.761</b>						Odpovědnost za proces: vedoucí dílny					Zpracoval: Jitka Murtingerová					
Model: TEPELNÝ VÝMĚNÍK 61G						Rozhodné datum: 25.5.2012					Datum zprac. (orig.) 25.5.2012 (rev.)					
Řešitelský tým: Ing. Jaroslav Strnad; Jitka Murtingerová																
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření					
											Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizik	
Požadavky																
Řezání	Řezat a odjehlit	nesprávná délka trubky	vracení k úpravě s dopadem do nákl.	8	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	<b>96</b>	-	-	-	-	-	-	
Ohýbání	Ohýbat a kontrolovat v šabloně	nedodržení rozměrů	vracení k úpravě s dopadem do nákladů	8	neodladěný ohyb 1.kusu	3	kontrola šablonou	3	<b>72</b>	-	-	-	-	-	-	
Řezání	Zaříznout začátek trubky a odjehlit	nedodržení rozměrů	vrácení k úpravě s dopadem do nákladů	8	nedbalost pracovníka	4	při následné operaci	4	<b>128</b>	vyrobiť přípravky pro kontrolu správné polohy řezu trubek a správné délky trubky	technolog	přípravky vyrobeny a zavedeny do výroby	3	3	4	<b>36</b>
	Zaříznout konec trubky a odjehlit															
	Odmastit a propláchnout ve vodě	neodmaštěno - ztížené svařování	oprava v rámci výstupní kontroly	4	nedodržení technologického postupu	1	vizuální kontrola	8	<b>32</b>	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 9 FMEA tabulka číslo 4

#### FMEA tabulka č. 4.

Prvkem této tabulky FMEA je trubka s označením 61/2. Řešitelský tým nejprve rozdělil výrobu této součásti do 4 hlavních technologických procesů, kterými byly: řezání, ohýbání, opět řezání a konečné odmaštění.

Řezání: Úkolem procesu je řezat a odjehlit trubku. Projevem možné vady u této součásti může být nesprávná délka trubky, důsledkem je vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Příčinou je nedbalost pracovníka a závadu zjistíme při následné operaci.

Ohýbání: Úkolem je ohýbat trubku a zkontrolovat ji v kontrolní šabloně. Projevem vady je nedodržení rozměrů, důsledkem pak je vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Možnou příčinou je neodladěný ohyb u 1. kusu a závadu zjistíme při kontrole v šabloně.

Řezání: Prvním úkonem tohoto procesu je zaříznutí začátku trubky a odjehlení a druhým úkonem je zaříznutí konce trubky a opět odjehlení po zaříznutí. Projevem vady je nedodržení rozměrů, což má za důsledek vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Příčinou je nedbalost pracovníka a závadu je možné zjistit při následné operaci.

Posledním úkonem je odmaštění trubky a propláchnutí ve vodě. Projev možné vady je neodmaštění, což ztíží svařování. Možným důsledkem je oprava v rámci výstupní kontroly. Příčinou je nedodržení technologického postupu a zjištění této závady je vizuální kontrolou.

Všem úkonům bylo opět přiřazeno bodové hodnocení, vypočítal se ukazatel priority rizika a ten se porovnal s kritickou hodnotou 125. Po porovnání bylo zjištěno, že proces řezání tuto kritickou hodnotu přesáhl a je tedy nutné navržení nápravného opatření.



ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ												FMEA číslo: 5 Str.: 5/8				
Prvek: <b>TRUBKA 61/3 č.výkresu: 74.00.877</b>						Odpovědnost za proces: vedoucí dílny						Zpracoval: Jitka Murtingerová				
Model: TEPELNÝ VÝMĚNÍK 61G						Rozhodné datum: 25.5.2012						Datum zprac. (orig.) 25.5.2012 (rev.)				
Řešitelský tým: Ing. Jaroslav Strnad; Jitka Murtingerová																
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření					
											Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizik	
Požadavky																
Řezání	Řezat a odjehlit	nesprávná délka trubky	vracení k úpravě s dopadem do nákl.	8	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	<b>96</b>	-	-	-	-	-	-	
Ohýbání	Ohýbat a kontrolovat v šabloně	nedodržení rozměrů	vracení k úpravě s dopadem do nákladů	8	neodladěný ohyb 1.kusu	3	kontrola šablonou	3	<b>72</b>	-	-	-	-	-	-	
Řezání	Zaříznout začátek trubky a odjehlit	nedodržení rozměrů	vrácení k úpravě s dopadem do nákladů	8	nedbalost pracovníka	4	při následné operaci	4	<b>128</b>	vyrobít přípravky pro kontrolu správné polohy řezu trubek a správné délky trubky	technolog	přípravky vyrobeny a zavedeny do výroby	3	3	4	<b>36</b>
	Zaříznout konec trubky a odjehlit															
	Odmastit a propláchnout ve vodě	neodmaštěno - ztížené svařování	oprava v rámci výstupní kontroly	4	nedodržení technologického postupu	1	vizuální kontrola	8	<b>32</b>	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 10 FMEA tabulka číslo 5

### FMEA tabulka č. 5.

Tato tabulka č. 5. má shodné operace a procesy s předešlou tabulkou č. 4.

Prvkem této tabulky FMEA je trubka s označením 61/3. Řešitelský tým nejprve rozdělil výrobu této součásti do 4 hlavních technologických procesů, kterými byly: řezání, ohýbání, opět řezání a konečné odmaštění.

**Řezání:** Úkolem procesu je řezat a odjehlit trubku. Projevem možné vady u této součásti může být nesprávná délka trubky, důsledkem je vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Příčinou je nedbalost pracovníka a závadu zjistíme při následné operaci.

**Ohýbání:** Úkolem je ohýbat trubku a zkontrolovat ji v kontrolní šabloně. Projevem vady je nedodržení rozměrů, důsledkem pak je vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Možnou příčinou je neodladěný ohyb u 1. kusu a závadu zjistíme při kontrole v šabloně.

**Řezání:** Prvním úkonem tohoto procesu je zaříznutí začátku trubky a odjehlení a druhým úkonem je zaříznutí konce trubky a opět odjehlení po zaříznutí. Projevem vady je nedodržení rozměrů, což má za důsledek vrácení k úpravě s dopadem do nákladů. Příčinou je nedbalost pracovníka a závadu je možné zjistit při následné operaci.

Posledním úkonem je odmaštění trubky a propláchnutí ve vodě. Projev možné vady je neodmaštění, což ztíží svařování. Možným důsledkem je oprava v rámci výstupní kontroly. Příčinou je nedodržení technologického postupu a zjištění této závady je vizuální kontrolou.

Všem úkonům bylo opět přiřazeno bodové hodnocení, vypočítal se ukazatel priority rizika a ten se porovnal s kritickou hodnotou 125. Po porovnání bylo zjištěno, že proces řezání tuto kritickou hodnotu přesáhl a je tedy nutné navržení nápravného opatření.

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ											FMEA číslo: 6 Str.: 6/8				
Prvek: <b>PŘÍRUBA č.výkresu: 74.00.878</b>						Odpovědnost za proces: vedoucí dělný					Zpracoval: Jitka Murtingerová				
Model: TEPELNÝ VÝMĚNÍK 61G						Rozhodné datum: 25.5.2012					Datum zprac. (orig.) 25.5.2012 (rev.)				
Řešitelský tým: Ing. Jaroslav Strnad; Jitka Murtingerová															
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření				
											Požadavky	Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhaltitelnost
Vypálení na laseru	Vypálit z plechu	nesprávný tvar	nelze dále použít	10	výpadek proudu nebo porucha stroje	1	při následné operaci	4	40	-	-	-	-	-	-

Tab. 11 FMEA tabulka číslo 6

### FMEA tabulka č. 6.

Prvkem této tabulky FMEA příruba tepelného výměníku. Tato součást má pouze 1 technologický proces, kterým je vypálení na laseru.

Vypálení na laseru: Úkolem procesu bylo vypálit tvar příruby z plechu. Projevem vady je nesprávný tvar, což má za důsledek, že součást nelze dále použít. Příčinou je výpadek proudu nebo porucha tohoto stroje. Závadu je možné zjistit při následné operaci.

Tomuto úkonu bylo opět přiřazeno bodové hodnocení, vypočítal se ukazatel priority rizika a ten se porovnal s kritickou hodnotou 125. Po porovnání bylo zjištěno, že proces řezání tuto kritickou hodnotu nepřesáhl a není tedy nutné navržení nápravného opatření.

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ											FMEA číslo: 7 Str.: 7/8				
Prvek: VÝMĚNÍK 61G						Odpovědnost za proces: vedoucí dílny					Zpracoval: Jitka Murtingerová				
Model: TEPELNÝ VÝMĚNÍK 61G						Rozhodné datum: 25.5.2012					Datum zprac. (orig.) 25.5.2012 (rev.)				
Řešitelský tým: Ing. Jaroslav Strnad; Jitka Murtingerová															
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření				
											Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhaltitelnost	Ukazatel priority rizik
Požadavky															
Svařování	Upnout trubky 61/2 a 61/3	netěsné svary	vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady	6	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	72	-	-	-	-	-	-
	Po obvodu sestehovat metodou TIG														
	Svařit														
Svařování	Upnout trubky 61/1 a spoj trubek 61/2 a 61/3	netěsné svary	vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady	6	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	72	-	-	-	-	-	-
	Po obvodu sestehovat metodou TIG														
	Svařit														
Přivařit šrouby do příruby	křivé přivaření šroubů	oprava v rámci výstupní kontroly	4	chybné ustavení šroubu	4	kontrola šablonou	4	64	-	-	-	-	-	-	-
Vyrovnat přírubu	deformace příruby	oprava v rámci výstupní kontroly	4	teplo při svařování	6	kontrola šablonou	4	96	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 12 FMEA tabulka číslo 7

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ											FMEA číslo: 8 Str.: 8/8							
Prvek: <b>VÝMĚNÍK 61G</b>					Odpovědnost za proces: vedoucí dílny					Zpracoval: Jitka Murtingerová								
Model: <b>TEPELNÝ VÝMĚNÍK 61G</b>					Rozhodné datum: 25.5.2012					Datum zprac. (orig.) 25.5.2012 (rev.)								
Řešitelský tým: Ing. Jaroslav Strnad; Jitka Murtingerová																		
Funkce procesu	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Možná příčina	Výskyt	Stávající řízení závady	Odhaltelnost	Ukazatel priority rizika	Doporučená opatření	Odpovědnost za doporučená opatření	Výsledky opatření							
											Provedená opatření	Závažnost	Výskyt	Odhaltelnost	Ukazatel priority rizik			
Požadavky																		
Svařování	Upnout díly sestavy do přípravku	netěsné svary	vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady	6	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	4	72	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Po obvodu sestehovat metodou TIG																	
	Připojení komory a příruby																	
	Svařit																	
Přírubu a výměník vyrovnat	nedodržení rozměrů	vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady	6	nedbalost pracovníka	3	při následné operaci	3	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Plochy svarů otryskat a očistit	neočistěné svary	vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady	6	vynechání technologického postupu	1	vizuální kontrola	8	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Odmastit a propláchnout ve vodě	zbytky písku v trubkách	vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady	6	nedbalost pracovníka	1	vizuální kontrola	8	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tlakování	Montáž zaslepovacích přírub	neodhalení netěsnosti	oprava v rámci výstupní kontroly	4	netěsný svar	3	vizuální kontrola s přípravkem	5	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Natlakování a odzkoušení na těsnost																	

Tab. 13 FMEA tabulka číslo 8

### FMEA tabulka č. 7 a 8.

Prvkem těchto dvou FMEA tabulek je kompletace celého tepelného výměníku. Řešitelský tým kompletování rozdělil do několika úkonů, kterými byly: svařování, vyrovnání, otryskání, očištění, odmaštění a tlakování.

Svařování: Prvním úkonem procesu je upnutí trubek 61/2 a 61/3, dále je potřeba toto spojení sestehovat a svařit. Projevem možné vady jsou netěsné svary, což má za důsledek vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady. Možnou příčinou je nedbalost pracovníka a závadu je možné zjistit při následné operaci. Dalším úkonem procesu je upnutí trubek 61/1 a spoje 61/2 s 61/3, sestehování po obvodu a následné svařování. Projevem této možné vady jsou opět netěsné svary, což má také za důsledek vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady. Možnou příčinou je nedbalost pracovníka a závadu lze zjistit při následné operaci.

Následným úkonem je přivaření šroubů do příruby, projev možné vady je křivé přivaření těchto šroubů. Možný důsledek vady je oprava v rámci výstupní kontroly. Příčinou je chybné ustavení šroubu a závadu zjistíme při kontrole šablonou.

Dalším úkonem procesu je vyrovnání příruby. Projev možné vady je deformace příruby, možný důsledek je oprava v rámci výstupní kontroly. Příčinou je teplo vzniklé při svařování a závadu lze zjistit při kontrole šablonou.

Svařování: V tomto procesu je několik úkonů. Nejdříve je nutné upnout všechny díly sestavy do svařovacího přípravku, po obvodu sestehovat, připojit komoru a přírubu a nakonec svařit. Projevem možné vady jsou netěsné svary, což má za důsledek vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady. Možnou příčinou je nedbalost pracovníka a závadu lze zjistit při následné operaci.

Dalším úkonem je vyrovnání příruby a výměníku. Projevem vady je nedodržení rozměrů, což vede k vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady. Příčinou je nedbalost pracovníka a závadu lze při následné operaci.

Plochy svarů je potřeba otryskat a očistit. Projev možné vady u tohoto úkonu jsou neočištěné svary, což opět vede k vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady. Možnou příčinou je vynechání technologického postupu a lze to zjistit vizuální kontrolou.

Poté je nutné odmastit a propláchnout výrobek ve vodě. Projevem možné vady jsou zbytky písku v trubkách a důsledkem je vrácení k úpravě se zanedbatelnými náklady. Možnou příčinou může být nedbalost pracovníka a závada se zjistí vizuální kontrolou.

Tlakování: Prvním úkonem procesu je montáž zaslepovacích přírub a dále natlakování a odzkoušení tepelného výměníku na těsnost. Projevem možné vady je neodhalení netěsnosti. Možným důsledkem vady je oprava v rámci výstupní kontroly. Možnou příčinou je netěsný svar a závadu lze zjistit vizuální kontrolou s přípravkem.

Všem těmto úkonům tým opět přiřadil daná bodová hodnocení dle tabulek hodnocení závažnosti, výskytu a odhalitelnosti a vypočítal ukazatele priority rizika u každého procesu. Tyto ukazatele se porovnaly se stanovenou kritickou hodnotou 125. U tohoto prvku kompletace tepelného výměníku žádný z procesů kritickou hodnotu nepřesáhl, takže nebylo nutné navrhnout nápravná opatření.

## 5. Zhodnocení a závěr

### 5.1. Zhodnocení tabulek FMEA

Pro aplikaci metody FMEA na výrobu tepelného výměníku jsem použila celkem 8 tabulek, kde se každá z tabulek FMEA zabývá jednotlivou součástí tepelného výměníku a závěrečné 2 tabulky se týkají kompletace celého tepelného výměníku. Nejdříve jsem vyplnila sloupec funkce procesu, kde jsou zaznamenány jednotlivé operace celého procesu. Dále tým navrhl všechny možné projevy vady a možné důsledky této vady. Dle tabulky hodnocení kritérií závažnosti bylo přiřazeno bodové hodnocení závažnosti. Následně se stanovily možné příčiny, obodoval se výskyt dle tabulky hodnocení výskytu. Následovalo vypsání stávajících řízení závady a stanovila se odhalitelnost dle tabulky hodnocení kritérií odhalitelnosti. Po obodování všech tří ukazatelů (závažnost, výskyt, odhalitelnost) se vypočetl ukazatel priority rizika, který nám porovnáním této vypočtené hodnoty se stanovenou kritickou hodnotou rizikového čísla 125 řekl, zda je potřeba navrhnout nápravné opatření nebo nikoliv.

Ukazatele priority rizika u většiny procesů tepelného výměníku vyšel pod hodnotu 125, takže u těchto procesů nebyla potřeba navrhnout nápravná opatření.

Ukazatel priority rizika u procesu řezání u všech tří trubek 61/1, 61/2 a 61/3 nám vyšel 128, tedy těsně nad kritickou hodnotou, což nás vedlo k tomu, že byla potřeba navrhnout nápravná opatření ke snížení tohoto rizika.

### 5.2. Navržení nápravných opatření

Proces je považován za bezpečný, pokud součin všech 3 ukazatelů (závažnost, výskyt, odhalitelnost) nepřesáhne často používanou kritickou hodnotu rizikového čísla 125 bodů, která odpovídá průměrnému hodnocení všech dílčích kritérií.

Pokud:  $(Z) \times (V) \times (O) < (RPN=125) \iff$  Není potřeba provedení nápravného opatření.

$(Z) \times (V) \times (O) > (RPN=125) \iff$  Je potřeba provedení nápravného opatření.

Navržení nápravného opatření je potřeba u procesu zařezávání konců všech trubek a následného svařování. Při následném svařování docházelo k tomu, že konce trubek, které bylo potřeba k sobě svařit, na sebe špatně lícovaly. Svářeč byl nucen tyto svary upravovat použitím více svařovacího materiálu, čímž byl svar nevzhledný, nepravidelný a docházelo k drobné



změně tvaru tepelného výměníku, který poté neseděl v konečné kontrolní šabloně. Také bylo vynaloženo více času i více nákladů na úpravu.

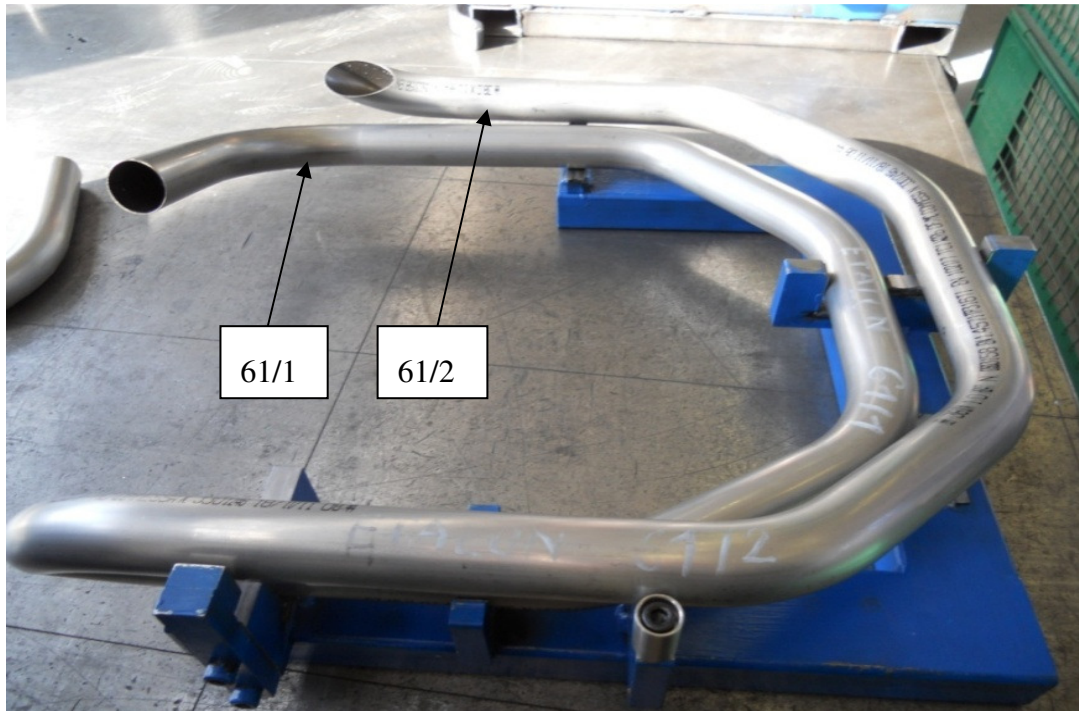


Obr. 20 Správné lícování konců trubek

Nápravným doporučeným opatřením v procesu řezání trubek bylo vyrobení přípravků pro kontrolu správné polohy řezu konců trubek a správné délky trubky. Tyto přípravky byly zavedeny do výroby a byly přiděleny pracovníkovi obsluhujícímu ohýbačku a pilu.



Obr. 21 Přípravek pro kontrolu polohy a délky trubek č. 2 a 3



Obr. 22 Přípravek pro kontrolu polohy a délky trubek č. 2 a 1

Zavedením nápravného opatření do výroby jsme docílili snížení hodnoty ukazatele priority rizika až na hodnotu 36 bodů. Můžeme tedy vidět, že zavedení nápravného opatření ušetří mnoho času i nákladů při výrobě tepelného výměníku.

### 5.3. Zhodnocení původního a nového stavu výroby

#### **Původní postup výroby:**

Pracovník obsluhující ohýbačku a pilu: Nařezání všech trubek, ohnutí, kontrola v ohýbací šabloně, zařiznutí konců trubek. Odevzdání těchto součástí svářeči ke svaření.

Svářeč: Svaření těchto částí v přípravku pro svařování. Pokud je nesprávný řez, musí zajistit opravu (přidání více svařovacího materiálu, nárůst času na opravu, nevzhledný svar, vyšší náklady). Pokud bude mít součást špatnou délku, nezjistí se to z přípravku pro svařování. Tato vada se projeví až při závěrečné kompletaci celého výměníku, kdy na sebe tyto součásti nebudou dosedat. Pokud vše ve svařovacím přípravku sedí, je to v pořádku a svářeč to může svařit.

#### **Nový postup výroby:**

Pracovník obsluhující ohýbačku a pilu: Nařezání všech trubek, ohnutí, kontrola v ohýbací šabloně, zařiznutí konců trubek a nově zkontrolování poloh řezu a také délek trubek v přípravku pro kontrolu správné polohy řezu a délky trubky. Délky trubek nebylo možno v původním postupu výroby zkontrolovat. V novém přípravku jsou přidány dorazy pro kont-

rolu délek trubek. Pokud je vše v pořádku, odevzdá tyto části svářeči ke svaření, pokud trubky v kontrolním přípravku nesedí, musí je opravit (oprava v této fázi není tak náročná, jak finančně, tak časově).

Svářeč: Svaření součástí v přípravku pro svařování.

## 5.4. Závěr

V současné době si žádná z firem nemůže dovolit vyrábět vadné výrobky, a proto se musí snažit předcházet výskytu těchto vadných výrobků. Ve firmě je velmi důležitý proaktivní přístup v hledání možných chyb. Jedná se tedy o přístup, který se snaží spíše předvídat a předcházet vzniku možných chyb při výrobě. Tento přístup vede hlavně k eliminování vzniku možných vadných výrobků, a také k redukci nákladů, které firmám rostou kvůli nekvalitě jejich výrobků. To znamená, že pro firmu by měla být důležitější hlavně kvalita výrobků nežli jejich kvantita. Jedním z nástrojů, který ovlivňuje kvalitu výrobků, a kterým můžeme dosáhnout proaktivního přístupu ve firmě, je právě metoda FMEA. FMEA, neboli analýza možností vzniku vad a jejich následků, byla vytvořena ve Spojených státech amerických, ve společnosti Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA). Tuto metodu je možné použít v různých fázích plánování, ať už se jedná o vývoj, konstrukci nebo proces.

Hlavním úkolem mé bakalářské práce bylo posoudit pomocí nástroje FMEA rizika potenciálního vzniku chyb při výrobě tepelného výměníku a navrhnout potřebná opatření, která by vedla ke snížení rizika. V první fázi bylo nutné navrhnout formulář pro vstupní analýzu možností vzniku vad a jejich následků, navrhnout tabulky hodnocení kritérií, zanalyzovat celý proces výroby tepelného výměníku a zpracovat tabulky FMEA na konkrétní typ tepelného výměníku. Zpracováním tabulky FMEA bylo odhaleno, že proces řezání začátku a konce trubek dosahuje vysoké hodnoty ukazatele priority rizika, která převyšuje kritickou hodnotu rizikového čísla 125 bodů. Bylo nutné navrhnout nápravné opatření a zavést ho do výroby tepelného výměníku. Zavedením nových přípravků do výroby tepelného výměníku bylo docíleno značného snížení ukazatele priority rizika, což firmě ušetří čas a náklady, které byly potřebné vynaložit na opravy, a také se zvýší kvalita výrobního procesu tepelného výměníku.

## 6. Seznam použité literatury

### 6.1. Dokumenty společnosti

- [1] Interní dokumentace společnosti Dioss Nýřany, a. s.

### 6.2. Knižní publikace

- [2] ZVONEČEK, F. – ZÍDKOVÁ, H. Jakost – styl života pro 3. tisíciletí. Plzeň: ZČU, 2003
- [3] Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA). Praha: Česká společnost pro jakost, červenec 2001. 72 s.

### 6.3. Internetové adresy

- [4] *RATIONAL AG* [online]. 2001 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.rational-online.com/en/>
- [5] Analýza možností vzniku vad a jejich následků – FMEA | MS Solution - konzultační a poradenská společnost. *Konzultace a poradenství BOZP, ISO 9001, OHSAS 18001, ISO/TS 16949, ISO 14001* [online]. © 1998-2012 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.ms-solution.cz/fmea.asp>
- [6] EISO.cz - KS FMEA. *EISO.cz - vše pro ISO systémy řízení* [online]. © 2006 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.eiso.cz/informacni-servis/terminologie/detail-kvality/?contentId=107170>
- [7] Co je to konvektomat?. *Co je to konvektomat?* [online]. 2011(09 kveten) [cit. 2012-01-18]. Dostupné z: <http://www.mauta.eu/index.php/clanky-odjinud/34-obecne/85-co-je-to-konvektomat>
- [8] *DIOSS NÝŘANY, a.s.* [online]. 2010 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.diossny.cz/>
- [9] FMEA. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/FMEA>

- [10] DIOSS NÝŘANY a.s., Nýřany | Živéfirmy.cz. *Živé firmy v České republice* | Živéfirmy.cz [online]. © 2012 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: [http://www.zivefirmy.cz/dioss-nyrany\\_f243663](http://www.zivefirmy.cz/dioss-nyrany_f243663)

## 7. Seznam použitých obrázků

Obr. 1 Letecký pohled na areál společnosti Dioss Nýřany, a. s. <sup>[10]</sup> .....	8
Obr. 2. Logo společnosti <sup>[8]</sup> .....	9
Obr. 3 Diagram analýzy metody FMEA .....	15
Obr. 4 Logo firmy Rational <sup>[4]</sup> .....	18
Obr. 5 Typy konvektomatů <sup>[4]</sup> .....	18
Obr. 6 3D schéma tepelného výměníku s popisem <sup>[1]</sup> .....	20
Obr. 7 Bokorys tepelného výměníku <sup>[1]</sup> .....	20
Obr. 8 Schéma komponentů tepelného výměníku .....	21
Obr. 9 3D Schéma spalovací komory <sup>[1]</sup> .....	22
Obr. 10 Trubka číslo 1 <sup>[1]</sup> .....	23
Obr. 11 Uložení trubky číslo 1 do šablony.....	23
Obr. 12 Trubka číslo 2 <sup>[1]</sup> .....	24
Obr. 13 Uložení trubky číslo 2 do první části šablony.....	24
Obr. 14 Uložení trubky číslo 2 do druhé části šablony .....	25
Obr. 15 Trubka číslo 3 <sup>[1]</sup> .....	25
Obr. 16 Uložení trubky číslo 3 v kontrolní šabloně.....	25
Obr. 17 Příruba <sup>[1]</sup> .....	26
Obr. 18 Fotografie zkompletovaného tepelného výměníku.....	27
Obr. 19 Uložení tepelného výměníku do kontrolní šablony .....	27
Obr. 20 Správné lícování konců trubek.....	47
Obr. 21 Přípravek pro kontrolu polohy a délky trubek č. 2 a 3.....	47
Obr. 22 Přípravek pro kontrolu polohy a délky trubek č. 2 a 1.....	48

## 8. Seznam použitých tabulek

Tab. 1 Rozdělení rizika vad a potřeby nápravného opatření <sup>[2]</sup> .....	16
Tab. 2 Tabulka analýzy možných závad a jejich důsledků <sup>[3]</sup> .....	17
Tab. 3 Návrh kritérií hodnocení závažnosti .....	28
Tab. 4 Návrh kritéria hodnocení odhalitelnosti .....	29
Tab. 5 Návrh hodnocení kritérií výskytu .....	30
Tab. 6 FMEA tabulka číslo 1 .....	31
Tab. 7 FMEA tabulka číslo 2 .....	32
Tab. 8 FMEA tabulka číslo 3 .....	35
Tab. 9 FMEA tabulka číslo 4 .....	37
Tab. 10 FMEA tabulka číslo 5 .....	39
Tab. 11 FMEA tabulka číslo 6 .....	41
Tab. 12 FMEA tabulka číslo 7 .....	42
Tab. 13 FMEA tabulka číslo 8 .....	43

## 9. Seznam použitých zkratk

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis – Metoda možnosti vzniku vad a jejich následků

RPN – Risk priority number – Rizikové číslo neboli ukazatel priority rizika

Z - Závažnost

V – Výskyt

O – Odhalitelnost

NASA – National Aeronautics and Space Administration – Národní úřad pro letectví a kosmonautiku