

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



**Analýza možného výskytu a vlivu vad
ve výrobním procesu**
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. et Ing. Petr Dostál, Ph.D.

Vypracoval:
Bc. Tomáš Vaňátko

Brno 2015

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na *téma Analýza možného výskytu a vlivu vad ve výrobním procesu* vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Zadání diplomové práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych si dovolil poděkovat panu Ing. et Ing. Petru Dostálovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, připomínky a cenné rady, které mi poskytl při zpracování této diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval pracovníkům firmy Metaldyne, za jejich ochotnou spolupráci a pomoc, kterou mi poskytli při vypracování této diplomové práce.

ABSTRAKT

V této diplomové práci je řešena problematika použití metody FMEA ve výrobním procesu strojírenského podniku, který je certifikovaným dodavatelem součástí pro automobilový průmysl. První část práce je zaměřena na popis metody FMEA, její rozdělení a využití. Dále jsou zde rozebírány některé základní nástroje jakosti, které se používají jako pomůcka pro její vypracování. V praktické části je poté popsána aplikace metody FMEA procesu na konkrétním výrobku firmy Metaldyne spol. s r.o. Zjištěné údaje poslouží ke zpracování formuláře FMEA, kde jsou stanoveny preventivní opatření pro snížení nejakosti ve výrobním procesu. Poslední část práce se zabývá technicko-ekonomickým vyhodnocením výroby spodního tělesa hydraulického tlakového filtru PAL2R.

Klíčová slova FMEA, analýza vad, výrobní proces, zlepšování procesu

ABSTRACT

This thesis deals with the problematics of the use of the FMEA method in the manufacturing process of engineering company, which is a certified supplier for the automotive industry. The first part of the thesis is focused on the description of the method, its division and its application. The following part of the thesis contains a description of some basic quality tools, which are used as a tool for its preparation. In the practical part of the thesis there is a description of the application of the FMEA method process on the specific product by Metaldyne spol. s r.o. The collected data are used for the preparation of the FMEA form, in which precautions to reduce nonquality in the manufacturing process are determined. The final part of the thesis deals with the technical and economic evaluation of production of the lower body of a hydraulic pressure filter PAL2R.

Keywords: FMEA, defect analysis, manufacturing process, process improvement

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍL	9
3	METODA FMEA.....	10
3.1	Historický vývoj metody FMEA	10
3.2	Podstata metody FMEA.....	10
3.3	FMEA návrhu výrobku.....	11
3.3.1	Analýza současného stavu	11
3.3.2	Hodnocení současného stavu	12
3.3.3	Návrh opatření	14
3.3.4	Hodnocení stavu po realizaci opatření.....	14
3.4	FMEA procesu.....	16
3.4.1	Analýza současného stavu	16
3.4.2	Hodnocení současného stavu	16
3.4.3	Návrh opatření	17
3.4.4	Hodnocení stavu po realizaci opatření.....	18
3.5	Systémová FMEA.....	19
3.6	Ukazatel priority rizika	20
3.7	Alternativní posuzování rizik.....	21
4	VYBRANÉ NÁSTROJE PŘI VYPRACOVÁNÍ METODY FMEA	22
4.1	Vývojový diagram	22
4.2	Brainstorming	23
4.3	Diagram příčin a následků	24
5	VÝDAJE VZTAHUJÍCÍ SE K JAKOSTI	25
5.1	Výdaje vztahují se k jakosti u výrobce	25
5.1.1	Model PAF.....	26
5.1.2	Rozšířený model PAF	26
5.1.3	Model COPQ	26
5.1.4	Model procesních nákladů	27
5.1.5	Model snižování výdajů pomocí Taguchiho metod.....	27
6	IFORMACE O FIRMĚ METALDYNE OSLAVANY	29
6.1	Vznik závodu Metaldyne Oslavany spol. s.r.o.	29

6.2	Výrobní sortiment společnosti	30
7	APLIKACE METODY FMEA	31
7.1	Definování předmětu a procesu pro analýzu	31
7.2	Sestavení týmu FMEA	32
7.3	Informace o technologickém postupu výroby	32
7.3.1	Řezání	32
7.3.2	Povrchové úpravy	33
7.3.3	Kalíškování	34
7.3.4	Rekrytalizační žihání	35
7.3.5	Tažení	35
7.3.6	Žihání na odstranění vnitřního pnutí	36
7.3.7	Povrchové úpravy	38
7.3.8	Tažení s úpravou dna	39
7.4	Fáze aplikace metody FMEA	40
7.4.1	Analýza současného stavu	40
7.4.2	Analýza FMEA	43
7.4.3	Návrh opatření	51
8	TECHNICKO–EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	52
	ZÁVĚR	59
	SEZNAM LITERATURY	60
	SEZNAM TABULEK	62
	SEZNAM PŘÍLOH	63

1 ÚVOD

Chce-li se jakýkoliv podnik udržet na trhu a nadále prosperovat v současném konkurenčním prostředí, musí svými produkty a službami co nejvíce uspokojit potřeby a požadavky svých zákazníků. Na podniky je tedy tvořen tlak, který po nich požaduje produkovat stále lepší a kvalitnější výrobky a služby. Proto se mnoho podniků začalo zabývat identifikováním a analýzou svých vnitropodnikových procesů, ze kterých se pak mohly vyvodit návrhy na jejich případné opravy. Za posledních několik let je i častým požadavkem zákazníků deklarování certifikátů jakosti, které mají prokázat naplnění požadovaného systému jakosti dodavateli. Většina firem působících v České republice už porozuměla potřebě zabývat se neustálým zlepšováním managementu jakosti a následně ho používat i jako podklad pro ekonomický růst. Důležité ovšem je, aby se firmy stále více zaměřovaly na jakost již v předvýrobních etapách, protože o výsledné jakosti produktu se rozhoduje až z osmdesáti procent právě zde.

Rostoucí význam plánování souvisí se dvěma hlavními prolínajícími se trendy v oblasti managementu jakosti, které jsou patrné zejména u renomovaných firem. První trend lze charakterizovat jako posun od strategie detekce ke strategii prevence, tedy od zaměření se na uplatnění a optimalizaci metod následných kontrol neshodných výrobků, k zaměření které by zamezilo samotnému vzniku neshodných výrobků. Druhý trend lze charakterizovat jako přesun péče o jakost z fáze výroby do fáze návrhu. Využitím vhodných metod při fázi návrhu lze předejít možným problémům ve fázích výroby a tím docílit vyšší kvalitou návrhu. Pro dodavatele automobilového průmyslu jsou používány a popřípadě striktně vyžadovány některé z metod plánování jakosti (například metoda QFD, metoda Design Review, metoda FMEA, analýzy způsobilosti procesu atd.)

Důležitost plánování jakosti v průběhu předvýrobních etap lze podpořit i ekonomickým hlediskem. Obecně platí, že čím dříve se odhalí riziko výskytu neshody produktu v životním cyklu výrobku, tím budou menší výdaje na jejich případná odstranění.

V rámci této diplomové práce byla provedena analýza možného výskytu a vlivu vad ve výrobním procesu (FMEA). Analyzovaným objektem je technologický postup výroby spodního tělesa hydraulického tlakového filtru PAL2R. U všech procesů byly identifikovány konkrétní vady, které byly následně ohodnoceny ve formuláři FMEA.

2 CÍL

Hlavním cílem diplomové práce je analýza výrobního procesu konkrétní součásti používané v automobilovém průmyslu, odhalení úzkých míst ve výrobě a navržení preventivních opatření, které by mohly vést ke zlepšení efektivnosti a zvýšení jakosti výroby. Výrobní proces bude popsán po jednotlivých operacích s cílem odhalit veškeré možné vady, příčiny a následky pomocí metody FMEA. Ke splnění tohoto cíle bylo nutné získat informace o stávající situaci v podniku, vnitropodnikové dokumenty, dokumenty o stávající výrobě podobných součástí a v neposlední řadě informace od klíčových pracovníků. Jedním z nejdůležitějších úkolů je předložení vypracovaného formuláře FMEA s zvýrazněnými nejrizikovějšími oblastmi a navrženými nápravnými opatřeními. Dílčím cílem je provedení technicko – ekonomické vyhodnocení navrženého postupu výroby dané součásti.

3 METODA FMEA

3.1 Historický vývoj metody FMEA

Ve Spojených státech amerických byl v roce 1949 vytvořen vojenský předpis MIL-P-1629, který se zabýval spolehlivostním hodnocením techniky. Jednotlivé poruchy byly řazeny podle vlivu na výkonnost zařízení a bezpečnost osob. Samotné označení metody FMEA vzniklo až roce 1963 ve společnosti NASA, kde ji vyvinuly pro potřeby kosmického výzkumů pro projekt Apollo. Impulsem pro vznik této metody bylo zabezpečit spolehlivost nových velmi složitých a drahých technických systémů. V následujícím desetiletí se tato spolehlivostní analýza začala prosazovat nejprve v letectví a nadále i v jaderné energetice. Pro automobilový průmysl ji poprvé použila firma Ford v roce 1977, a to k zajištění prevence výskytu neshod vyráběných součástek pro sériovou výrobu. Rokem 1980 byla v Německu taktéž stanovena metodika analýzy následků poruch (FMEA) v normě DIN 25 448. Pro německý automobilový průmysl byla tato norma specificky přizpůsobená a běžně využívaná od roku 1984 v koncernu Volkswagen. V České republice rovněž existuje technická norma ČSN IEC 60812, která se zajímá problematikou FMEA. Tato norma je zpracovaná na podkladě mezinárodní normy IEC 60812. V současnosti se však nejvíce uplatňují postupy především podle metodiky amerických výrobců automobilů QS-9000, jenž je sladěna s normou SAE J-1739 nebo podle metodiky německého sdružení automobilového průmyslu VDA. Rozdíly mezi těmito metodikami jsou v základních principech minimální a takřka se od sebe neliší. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001), (Zeman M., 2010)

3.2 Podstata metody FMEA

FMEA je analytickou metodou, která se řadí k základním preventivním metodám managementu jakosti. Jedná se o systematickou analýzu výrobku nebo procesu v předvýrobní fázi životního cyklu, ale dá se využít i na stávající výrobky a procesy. Dále má posoudit vznik neshod u daného výrobku nebo procesu, zjistit rizikovost a následně navrhnout opravný proces, který by vedl ke zlepšení jakosti. Při včasném zahájení rozboru se může docílit vypátrání až 90 % veškerých neshod u výrobků a procesů, tím pádem dojde k poklesu nákladů a časových ztrát při případných změnách. Pro správnou aplikaci a dosažení co největší efektivity této metody je nutná týmová spolupráce. Při zpracování metody FMEA by měli být v řešitelském týmu

zastoupeni veškerí pracovníci, kteří jsou spojeni s danou problematikou. Průběh analýzy je postupně zaznamenáván do formuláře FMEA, který slouží k ověření, že výrobce vyhodnotil a minimalizoval veškerá rizika. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001)

3.3 FMEA návrhu výrobku

Analýza možných způsobů a důsledků poruch při návrhu produktu, označovaná jako DFMEA, tj. FMEA návrhu (konstrukce) produktu, má co nejuplněji zkoumat návrh výrobku s cílem odhalit veškeré možné vznikly závad a s nimi související příčiny. Dokument FMEA je takzvaně živý dokument, jeho největší efektivnosti se dosahuje, když bude vypracován ještě před dokončením koncepce výrobku. Pokud se vyskytnou v průběhu etap vývoje změny nebo jsou získané nové informace, měla by se před schválením výroby uskutečnit aktualizace dokumentu. Na začátku procesu FMEA návrhu se očekává, že odpovědný technik aktivně zapojí pracovníky ze všech dotčených oblastí, seznámí je s požadavky zákazníka a s návrhem řešení produktu. Výrobek se rozčlení na jednotlivé části s charakteristickými požadavky a s pomocí například systematického diagramu se provede postupně vlastní analýza. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001)

3.3.1 Analýza současného stavu

Prvním úkolem při zpracování analýzy je u každé části výrobku stanovit přehled veškerých možných vad, které mohou vzniknout v průběhu plánovaného životního cyklu výrobku. Tyto vady se následně popíší jako fyzikální jevy. K těmto vadám je taktéž nutné zařadit i vady, které mohou vzniknout i za zvláštních podmínek provozu. U každé možné vady tým analyzuje možné následky vady, které by vznikly touto vadou. Přitom následky vady jsou chápány jako vady, které působí negativně na vnímání zákazníka. Zároveň je nutné posuzovat následky vady jak z hlediska dané součásti, tak i z hlediska celého výrobku. Následně ke každé možné vadě tým analyzuje všechny možné příčiny vady, které mohou vzniknout při nedostatečném řešení součásti. Pokud se vyžaduje hlubší zkoumání při nalezení příčin vad, dají se použít diagramy příčin a následků, které mohou být nápomocná při nalezení vhodných opatření pro jejich odstranění. Před samotným uvolněním navrhovaného řešení do výroby, se navíc ověřuje vhodnost nejrůznějšími laboratorními testy, testy na ověřovacích sériích a matematickém popřípadě fyzikálním modelováním. (Plura J., 2001)

V současnosti existuje mnoho počítačových programů, které uspořádají seznam možných vad, následků a příčin, ke kterým se následně přiřadí dané hodnocení. To ovšem nenahradí týmový přístup, ale však jistě může dokázat zrychlit průběh analýzy u výrobků, které jsou například pouhou modifikací stávajícího výrobku. (Plura J., 2001)

3.3.2 Hodnocení současného stavu

Pro hodnocení současného stavu se vychází z údajů, které byly zjištěny z analýzy současného stavu. Vychází tedy ze tří základních hledisek: význam vady, očekávaný výskyt vady a odhalitelnost vady. (Plura J., 2001)

Pro hodnocení se používá desetibodová stupnice, která začíná jedničkou a končí číslem deset. V případě významu vady je hodnota s bodovým ohodnocením deset spojená s nejzávažnějšími následky. Pokud následek vady spočívá v ohrožení bezpečnosti výrobku, má bodové ohodnocení hodnotu vysoké. V případě, že vznik vady neznámá pro zákazníka žádný následek, je bodově ohodnocen význam vady hodnotou jedna. Jestliže projev vady povede k několika různým následkům, bodové hodnocení se vztáhne k nejzávažnějšímu následku. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001)

Tab. 1 Doporučená kritéria hodnocení závažnosti v rámci DFMEA (ČSJ, 2008)

Důsledek	Závažnost důsledku ve vztahu k produktu	Známka hodnocení
Nesplnění bezpečnostních požadavků a/nebo požadavků předpisů	Vada bez výstrahy ovlivňuje bezpečnost výrobku nebo dodržování zákonných požadavků.	10
	Vada ovlivňuje bezpečnost výrobku nebo dodržování zákonných požadavků s výstrahou	9
Ztráta nebo zhoršení primární funkce	Nefunkční výrobek se ztrátou hlavní práce.	8
	Funkční výrobek se sníženou výkonností. Zákazník nespokojen.	7
Ztráta nebo zhoršení sekundární funkce	Funkční výrobek s nefunkční částí zajišťující pohodlí. Zákazník pociťuje nepohodlí.	6
	Funkční výrobek, ale části zajišťující pohodlí pracují na nižší úrovni. Zákazník pociťuje určitou nespokojenost.	5
Nepříjemnost	Objekt není ve shodě. Vadu zaznamená většina zákazníků.	4
	Objekt není ve shodě. Vadu zaznamená průměrný zákazník.	3
	Objekt není ve shodě. Vadu zaznamená náročný zákazník.	2
Žádný důsledek	Žádný znatelný důsledek	1

V případě výskytu vady řeší tým specifické příčiny vad, které mohou v průběhu plánované doby života výrobku nastat. Hodnotí tedy pravděpodobnost výskytu. Hodnocení pravděpodobnosti výskytu má spíše relativní než absolutní význam a vychází především ze zkušeností z podobných výrobků a z výsledků počítačových modelových simulací. Prevencí výskytu nebo zvládnutím příčin způsobů vad změnou návrhu nebo změnou procesu návrhu je jediným možným způsobem snížení hodnocení. S rostoucím výskytem vady vyvolané jistou příčinou u dané součásti roste i dané bodové hodnocení. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001)

Tab. 2 Doporučená kritéria hodnocení výskytu v rámci DFMEA (ČSJ, 2008)

Pravděpodobnost poruchy	Možný výskyt		Známka hodnocení
Velmi velká	≥ 100 na tisíc	≥1 z 10	10
Velká	50 na tisíc	1 z 20	9
	20 na tisíc	1 z 50	8
	10 na tisíc	1 ze 100	7
Střední	2 na tisíc	1 z 500	6
	0,5 na tisíc	1 z 2 000	5
	0,1 na tisíc	1 z 10 000	4
Malá	0,01 na tisíc	1 z 100 000	3
	≤ 0,001 na tisíc	1 z 1 000 000	2
Velmi malá	Porucha je eliminována nástroji řízení prevence		1

Příslušné hodnocení odhalitelnosti vychází z posouzení účinností používaných nástrojů řízení detekce u návrhu produktu určeného k uvolnění do výroby. Pokud je odhalitelnost vysoká, má bodové ohodnocení nízké. Jestliže je odhalení takřka nemožné, je označení vysoké. Dále je velmi důležité, aby známkování odhalitelnosti nebylo nízké z důvodů, že je nízký výskyt. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001)

Tab. 3 Doporučená kritéria hodnocení detekce v rámci DFMEA (ČSJ, 2008)

Možnost detekce	Pravděpodobnost odhalení	Známka hodnocení
Žádná možnost detekce	Téměř nemožná	10
V žádné etapě není pravděpodobná možnost detekce	Velmi mizivá	9
Po zmrazení návrhu produktu a před zahájením (zkoušek)	Mizivá	8
	Velmi malá	7
	Malá	6
Před zmrazením návrhu produktu	Střední	5
	Středně velká	4
	Velká	3
Virtuální analýza - korelovaná	Velmi velká	2
Detekci nelze použít; prevence poruchy	Téměř jistá	1

3.3.3 Návrh opatření

Po ukončení hodnocení současného stavu se řešitelský tým snaží u nejrizikovějších možných vad navrhnout účinná opatření, která by vedla ke snížení vzniku těchto vad. Prvořadě se tým zaměřuje na opatření, která vedou ke snížení výskytu vad, tedy jejich příčin. Tým se však může zaměřit i na jiné opatření, například omezení významu vady popřípadě na odhalení vad. Při volbě nejvhodnějších opatření je důležité, aby bylo zváženo, zda navržená opatření vedou k dostatečnému snížení hodnoty rizikového čísla. Záměrem je tedy docílit takových opatření, která vedou ke zlepšování návrhu produktu. O nic méně důležitým kritériem, které musí vzít v úvahu tým, jsou náklady pro jejich realizaci. Odpovědnému vedoucímu jsou ke schválení následně předány návrhy na opatření. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001)

3.3.4 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Tato fáze slouží k ověření, zdali byla uskutečněná opatření v souladu s návrhem. Po provedení následných opatření se provede nová hodnocení rizik možných vad u daného výrobku. Při tomto hodnocení by měl tým použít stejné výchozí tabulky. Aby vše bylo možno považovat za přijatelné, musí dojít k poklesu rizikového čísla. (Plura J., 2001)

3.4 FMEA procesu

FMEA procesu označovaná jako PFMEA je analytickou metodou používanou technikem popřípadě technickým týmem, jenž se podílí při vývoji výrobního procesu. Tato skupina pověřených pracovníků má zajistit, aby byly vzaty v úvahu veškeré možné druhy vad a s nimi spojené příčiny. Obvykle se FMEA procesu používá před zahájením výroby nových či inovovaných výrobků nebo při změnách technologických postupů ve stávající výrobě. FMEA procesů obvykle navazuje na FMEA výrobků. Zde se využívá jejich výsledků, které následně mohou být zahrnuty do možných způsobů poruch z důvodů slabých stránek návrhu produktu. Za vypracování dokumentu PFMEA je obvykle zodpovědný pracovník vývoje technologie, který zúčastněnému týmu předloží návrh technologického postupu výroby výrobku, ve kterém jsou zahrnuty veškeré fáze výroby a taktéž povýrobní operace, které končí předáním výrobků výrobcí. Pro přehledné znázornění jednotlivých fází výroby je vhodné sestavit vývojové diagramy. (ČSJ, 2001), (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001),

3.4.1 Analýza současného stavu

Úkolem analýzy současného stavu u PFMEA je analyzovat dílčí operace jednotlivých procesů v pořadí, v němž na sebe navazují. Identifikují se všechny možné vady, které se mohou vyskytnout na výrobku v průběhu dílčích operací procesu, ale i vad, jenž má vliv na finální výrobek. Vady se tedy dají rozdělit v zásadě na vnitřní a vnější, kdy mezi vnitřní vady patří ty vady, které mají vliv na následující pracovní operaci. Na vnější vady reaguje konečný zákazník. Před každou další následující operací, musí tým analyzovat veškerý možný vznik vad a jejich příčiny, a také jejich kontrolní postupy, které jsou použity k odhalení vad před případným uvolněním. (Plura J., 2001),

3.4.2 Hodnocení současného stavu

Hodnocení současného stavu procesu je takřka stejné jak u hodnocení návrhu výrobků, ale s tím rozdílem, že u PFMEA se posuzuje pravděpodobnost očekávaného výskytu vady v průběhu operace. Předtím než opustí výrobek daný proces, tým posoudí účinnost stávajících kontrolních postupů a posoudí odhalitelnost. U jednotlivých možných vad vyvolanou danou příčinou se vypočte rizikové číslo stejně jako u DFMEA. (Plura J., 2001)

Tab. 5 Doporučená kritéria hodnocení výskytu v rámci PFMEA(ČSJ, 2001; ČSJ, 2008)

Pravděpodobnost poruchy	Možný výskyt		Známka hodnocení
	Velmi velká	≥ 100 na tisíc	
Velká	50 na tisíc	1 z 20	9
	20 na tisíc	1 z 50	8
	10 na tisíc	1 ze 100	7
Střední	2 na tisíc	1 z 500	6
	0,5 na tisíc	1 z 2 000	5
	0,1 na tisíc	1 z 10 000	4
Malá	0,01 na tisíc	1 z 100 000	3
	≤ 0,001 na tisíc	1 z 1 000 000	2
Velmi malá	Porucha je eliminována nástroji řízení prevence		1

3.4.3 Návrh opatření

Po ukončení počátečních identifikací možných příčin závad, včetně výskytu, odhalení a známkování, rozhodne se, zdali je potřebné další úsilí ke zmírnění rizika. Tým musí zvolit, jak s ohledem na vlastní omezené zdroje, technologie a čas bude stanovovat priority těchto úsilí. Stejně tak jak u návrhu opatření u DFMEA by měl řešitelský tým orientovat se na hodnoty s nejvyšším bodovým ohodnocením. Opět by měla být dána přednost k opatření, které sníží pravděpodobnost výskytu závad. Mezi vhodná opatření pro tuto oblast patří kupříkladu vyhodnocování způsobilosti procesu a zavedení statistické regulace. Odpovědností týmu je, aby získané informace posoudil, určil priority a určil nejlepší postup, který by prospěl společnosti a zákazníkovi. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001),

Tab. 6 Doporučená kritéria hodnocení závažnosti v rámci PFMEA (ČSJ, 2008)

Důsledek	Důsledek ve vztahu k zákazníkovi	Znamka hodnocení	Důsledek	Důsledek ve vztahu k výrobě/montáži
Nesplnění bezpečnostních požadavků a/nebo požadavků předpisů	Možný způsob poruchy, který bez varování ovlivňuje bezpečný provoz zařízení nebo znamená nesoulad s právními předpisy	10	Nesplnění bezpečnostních požadavků a/nebo požadavků předpisů	Bez varování může ohrozit operátora (stroj nebo montážní celek).
	Možný způsob poruchy, který i s varováním ovlivňuje bezpečný provoz zařízení a/nebo znamená nesoulad s právními předpisy	9		S varováním může ohrozit operátora (stroj nebo montážní sestavu).
Ztráta nebo zhoršení primární funkce	Ztráta primární funkce (zařízení je nefunkční, neovlivňuje bezpečný provoz zařízení)	8	Závažné porušení	100 % produktů bude muset být vyřazeno. Odstávka linky nebo zastavení dodávky.
	Zhoršení primární funkce (zařízení je funkční, avšak při snížené úrovni technických parametrů).	7	Významné porušení	Část výrobní dávky bude muset být vyřazena. Odchyłka od primárního procesu včetně snížení rychlosti linky nebo dodatečného personálu.
Ztráta nebo zhoršení sekundární funkce	Ztráta sekundární funkce	6	Mírné porušení	100 % výrobní dávky bude muset být přepracováno mimo linku a schváleno.
	Zhoršení sekundární funkce	5		Část výrobní dávky bude muset být přepracováno mimo linku a schváleno.
Nepříjemnost	Vzhled nebo hluk nevyhovuje. Vady si všimne více jak 75% zákazníků.	4	Mírné porušení	100 % výrobní série bude muset být přepracováno na pracovišti před dalším výrobním postupem.
	Vzhled nebo hluk nevyhovuje. Vady si všimne více jak 50% zákazníků.	3		Část výrobní série bude muset být přepracováno na pracovišti před dalším výrobním postupem.
	Vzhled nebo hluk nevyhovuje. Vady si všimne více jak 75% zákazníků.	2	Minimální porušení	Drobná nepříjemnost ve vztahu k procesu, operaci nebo k operátorovi
Žádný důsledek	Žádný znatelný důsledek	1	Žádný důsledek	Žádný znatelný důsledek

3.4.4 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Po uskutečnění nápravných opatření se znovu řešitelský tým zaměří na analýzu následných provedených opatření, u kterých se provede hodnocení rizik možných vad u daného procesu. Pomocí opětovně vypočtených rizikových čísel se zjistí, zdali byla navřená opatření dostatečně aplikovaná. Samotný průběh se zapisuje do formuláře FMEA, který slouží jako záznam o naplnění určitých požadavků.

Tab. 7 Doporučená kritéria hodnocení detekce v rámci FMEA procesu (ČSJ, 2008)

Možnost detekce	Pravděpodobnost odhalení nástrojem řízení procesu	Známka hodnocení	Pravděpodobnost odhalení
Žádná možnost detekce	Žádný nástroj řízení pro stávající proces; nelze odhalit nebo není analyzováno.	10	Téměř nemožná
V žádné etapě není pravděpodobná možnost detekce	Není snadné zjistit způsob poruchy a/nebo chybu (např. Namátkové audity).	9	Velmi mizivá
Detekce problému po provedení práce	Detekce způsobu poruchy po provedení operace operátorem pomocí vizuálních / taktilních / akustických prostředků.	8	Mizivá
Detekce problému u zdroje	Detekce způsobu poruchy na pracovišti operátorem pomocí vizuálních / taktilních / akustických prostředků nebo provedení operace s využitím atributivního měření.	7	Velmi malá
Detekce problému po provedení práce	Detekce způsobu poruchy po provedení operace operátorem s využitím měření proměnných veličin nebo na pracovišti operátorem s využitím atributivního měření.	6	Malá
Detekce problému u zdroje	Detekce způsobu poruchy nebo chyby na pracovišti operátorem s využitím měření proměnných veličin nebo automatizovaných nástrojů řízení na pracovišti, kterými se zjistí neshodný díl a uvědomí se operátor.	5	Střední
Detekce problému po provedení operace	Detekce způsobu poruchy po provedení operace automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí neshodný díl; díl se zablokuje, aby se zabránilo další výrobní operaci.	4	Středně velká
Detekce problému u zdroje	Detekce způsobu poruchy na pracovišti automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí neshodný díl; díl se automaticky zablokuje na pracovišti, aby se zabránilo další výrobní operaci.	3	Velká
Detekce chyby a/nebo prevence problému	Detekce chyby na pracovišti automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí chyba a zabrání se zhotovení neshodného dílu.	2	Velmi velká
Detekce není aplikovatelná; prevence chyby	Prevence chyby v důsledku návrhu upínacího přípravu, návrhu stroj nebo návrhu dílu. Neshodné díly nemohou být vyrobeny, protože objekt je díky návrhu procesu / produktu odolný proti chybám.	1	Téměř jistá

3.5 Systémová FMEA

Postup vypracování FMEA systému je založen na stejném principu jako při vypracování jiných metod FMEA. Hlavní rozdíl při zpracování této metody je, že při analýze současného stavu u výrobku nebo procesu se uplatní systémový přístup. Tedy výrobek nebo proces představuje systém, který se skládá z prvků, u kterých se analyzují jejich

funkce a případná selhání. U systémové FMEA výrobku se zkoumají možné vady funkcí celého výrobku a postupně pokračuje až k jednotlivým vadám dílů. Při systémové FMEA procesu se proces strukturuje podle zúčastněných prvků systému (člověk, stroj, materiál, prostředí) a analyzují se možná selhání těchto prvků. V případě potřeby se pokračuje až k analýze možných selhání výrobního zařízení. (Plura J., 2001)

Systémová FMEA probíhá v následujících pěti krocích:

- *Stanovení prvků a struktury systému:* Prvním krokem je zpracování hierarchické struktury prvků do systematického (stromového diagramu, ve kterých se navíc může dokreslit doplňující rozhraní souvisejících prvků.
- *Stanovení struktury funkcí prvků systému:* Podkladem pro správné zobrazení struktury funkcí je dobře zpracovaná struktura prvků struktury a znalost systému, včetně jeho okolí. U každého prvku se rozlišují vstupní, výstupní a vnitřní funkce.
- *Analýza vad (vadných funkcí prvků systému):* Provádí se u různých hierarchických úrovní systému, při kterých dochází k překrývání analýz.
- *Hodnocení rizik:* Provádí se stejným způsobem jako u FMEA návrhu a procesu. Na základě bodového ohodnocení se stanoví rizikové číslo.

Optimalizace: Umožňuje opatření ke zlepšení u možných vad s vysokým rizikovým číslem, popřípadě s vysokou hodnotou některého z jednotlivých kritérií. Opět by měla být dána přednost opatřením, která by minimalizovala příčiny vzniku vad. (Plura J., 2001)

3.6 Ukazatel priority rizika

Jedna z nejpoužívanějších možností stanovení priorit opatření je takzvaný ukazatel priority rizika RPN. Ukazatel priority rizika představuje hodnotu, jež je tvořena součinem ze všech tří bodových ohodnocení. Hodnota rizikového čísla může sloužit ke stanovení pořadí důležitosti vad. Rizikové číslo může nabývat pouze určitých hodnot, které získáme součinem celých čísel. U rizikových čísel, která jsou příliš vysoká, je nutno navrhnout opatření ke snížení rizika. Kritickou hodnotu čísla si může stanovit sám zákazník, pokud ne, často udávaná hodnota je číslo 125, které odpovídá průměru hodnocení ze všech tří hodnot. Velmi důležité je hodnotit kromě rizikového čísla i hodnoty z dílčích kritérií, které dosahují vysokých hodnot. (ČSJ, 2008), (Plura J., 2001),

3.7 Alternativní posuzování rizik

Snadnost výpočtu ukazatele priority rizika vede mnohé k jeho výlučnému používání bez jakýchkoli úvah o tom, jaké mohou existovat vhodnější prostředky pro stanovení priorit. (ČSJ, 2008)

Tab. 8 Zvláštní situace při hodnocení rizika možných vad a potřeba opatření

Význam	Výskyt	Odhalitelnost	Charakteristika	Potřebná 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	ANO!
10	10	10	„Tady není nic v pořádku“	ANO!

- Alternativa: SO ($S \cdot O$)

Některé organizace se mohou rozhodnout, že se v první řadě zaměří na závažnost (S) a výskyt (O). Ukazatel SO je součinem známky hodnocení závažnosti a výskytu. Při použití tohoto ukazatele se může organizace zaměřit na to, jak snížit SO, a to snižováním výskytu pomocí preventivních opatření. Navíc to může vést k následným zlepšením detekce v případech s nejvyšší hodnotou SO. (ČSJ, 2008)

- Alternativa: SOD, SD

Některé organizace se rozhodly používat SOD nebo SD jako nástroj pro stanovení priorit. SOD je nearitmetickou kombinací známek hodnocení závažnosti, výskytu a detekce (D). SD je nearitmetickou kombinací známek hodnocení závažnosti a detekci. (ČSJ, 2008)

Tab. 9 Rozdíly mezi RPN, SOD a SD (ČSJ, 2008)

S	O	D	RPN	SOD	SD
7	7	3	147	773	73
7	3	7	147	737	77
3	7	7	147	377	37

4 VYBRANÉ NÁSTROJE PŘI VYPRACOVÁNÍ METODY FMEA


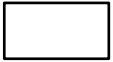
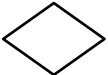

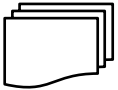

Používání nástrojů, podpořenými technickými zkušenostmi a dříve získanými informacemi, může pomoci při definování úplného souboru požadavků a funkcí. Mezi nástroji a zdroji informací, které jsou pro tým užitečné při směřování a vedení diskuzí o příslušných požadavcích, mohou být:

- Blokové diagramy vztahů
- Diagramy parametrů
- Vývojové diagramy
- Matice vzájemných vztahů
- Matice rozhraní
- Kvalita a bezporuchovost v minulosti
- Interní a externí neshody
- Rozpiska procesu
- Schémata, výkresy atd.

4.1 Vývojový diagram

Vývojový diagram je základním nástrojem zdokonalování procesu, neboť pomáhá odhalit a pochopit, jak proces funguje. Snadněji lze identifikovat zlepšení, pomocí něj lze zdokonalit úroveň komunikace mezi útvary a pracovními skupinami v organizaci. Je to velmi univerzální nástroj popisu jakéhokoliv procesu. Může být důležitou pomůckou při budování systému zabezpečování jakosti dle norem ISO řady 9000 (jako součást příručky jakosti. (Noskievičová D., 1996)

Základním posláním využívání těchto diagramů je, aby lidé zúčastnění v daném procesu komunikovali jednotnou terminologií a ve zcela jasných vztazích. Lidé pak lépe chápou své místo v procesu ve vztahu k činnostem předcházejícím. To u lidí zvyšuje stimulaci ke zdokonalování činnosti. (Noskievičová D., 1996)

	počátek, konec
	zpracovávání, proces, činnost
	rozhodování
	dokument, záznam
	soubor dokumentu
	spojka, konektor

Obr. 1 Nejpoužívanější symboly vývojových diagramů (Plura J., 2001)

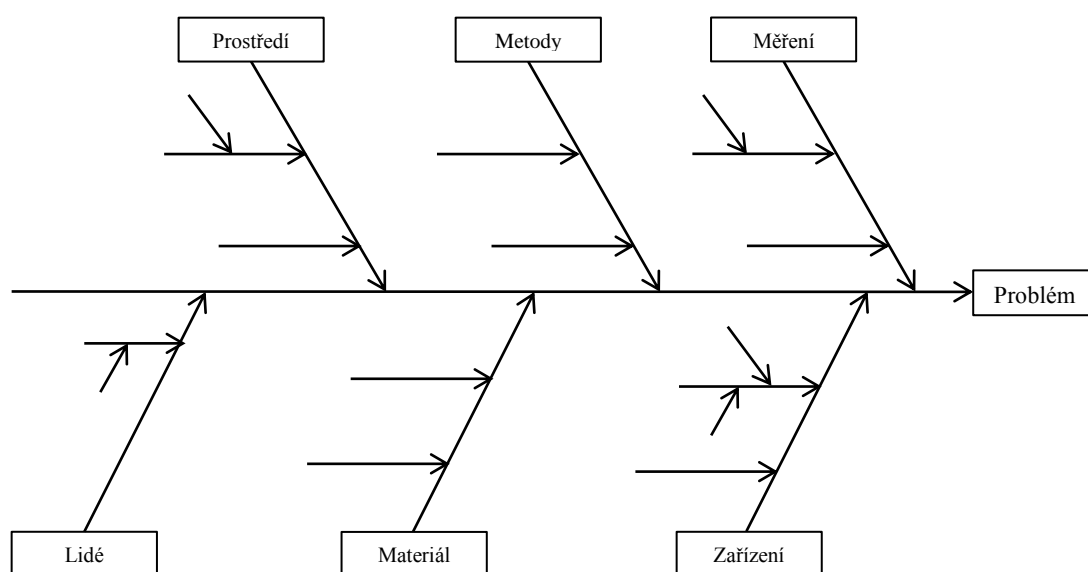
4.2 Brainstorming

Jedná se o týmovou metodu, při které se simulují požadavky zákazníka za účelem zvýšení účinnosti tvůrčího myšlení. Využití této metody je takřka neomezené, používá se v celé řadě aplikací. Brainstorming patří k metodám s odloženým hodnocením. Cílem je totiž získat co nejvíce nápadů k řešené problematice. Tyto nápady budou později analyzovány a hodnoceny. Pokud by totiž byly hodnoceny nápady okamžitě, mohlo by dojít, že by byly zamítnuty některé myšlenky, které by dále nebyly analyzovány. Čím více se získá informací touto metodou, tím se zvýší i pravděpodobnost, že by mohl dojít k vyřešení problému. Samotná analýza se skládá ze tří částí. První fáze je přípravná, zde se formuluje daný problém a vytváří se tým o počtu 5 až 12 lidí. Vedoucím týmu by měl být zkušený moderátor, který zajistí stimulující prostředí a bude usměrňovat průběh debaty. Ve druhé fázi brainstormingu přicházejí členové týmu s náměty dané problematiky. Veškeré náměty jsou zaznamenány na viditelné místo a moderátor podněcuje vhodnými otázkami aktivitu týmu. V poslední fázi se s časovým odstupem vyhodnotí získané náměty a ty nejlepší se vyberou k dalšímu rozpracování.

4.3 Diagram příčin a následků

Tento nástroj je základním jednoduchým nástrojem shromažďování informací o procesech, výsledcích, výkonnosti procesu za účelem zdokonalování procesů. Dle svého tvůrce je rovněž nazýván Ishikawův diagram nebo diagram rybí kosti (vzhledem ke svému tvaru). Svou povahou je tento nástroj předurčen pro týmovou práci. Je snadno pochopitelný a tudíž použitelný na všech úrovních řízení a lze jej všude okamžitě uplatnit při řešení všech potencionálních problémů. Při aplikaci na oblast řízení jakosti lze diagram příčin a následků pojímat jako metodu analýzy variability procesu. Pomocí něj lze odhalovat vztahy mezi příčinami a následky. (Noskiewičová D., 1996)

Postup při jeho konstrukci vyžaduje definování jednoznačného problému, který chceme analyzovat a odstranit. Tento následek se napíše do obdélníku v pravé části diagramu. Dále se zleva přivede centrální čára do obdélníku, který tvoří „hlavu ryby“. Tým definuje hlavní příčiny, které následně zakreslí do diagramu na vedlejší větve (kosti). Je-li definování hlavních příčin obtížné, lze použít jako hlavní příčiny všeobecné skupiny příčin variability procesu (měření, výrobní zařízení, lidé, materiál, prostředí, postupy atd.), které dále usnadní definování veškerých subpříčin. Nakonec určí tým pomocí brainstormingu všechny možné subpříčiny ve vztahu k hlavním příčinám popřípadě subpříčinám. (Noskiewičová D., 1996)



Obr. 2 Diagram příčin a následku (Noskiewičová D., 1996)

5 VÝDAJE VZTAHUJÍCÍ SE K JAKOSTI

V moderních systémech managementu jakosti se podpojemem „výdaje vztahující se k jakosti“ ukrývá prakticky jediný finanční nástroj, který se dá použít k plánování, prokazování i k zlepšování jakosti v praxi. Navíc dokáže v řeči peněz všem skupinám zaměstnancům zdůvodnit veškerá technická i organizační opatření, která se v oblasti jakosti přijímají. Pro správné pochopení kategorie výdajů vztahujících se k jakosti, je vhodné představit si je jako souhrn výdajů, které musí ve vztahu k jakosti produktů vynaložit jejich výrobce, zákazník a společnost. Výchozí a pro praxi základní kategorií se stávají výdaje vztahující se k jakosti u výrobce, protože v naprosté většině organizací jsou výdaje tak vysoké, že by jejich ignorování vedlo k velkému finančnímu nebezpečí. Informace o výdajích vztahujících se k jakosti s případnou analýzou dat poskytuje velmi důležitá zjištění o ekonomických důsledcích nespokojenosti zákazníků a následně i umožnit příležitost ke zlepšení systému managementu jakosti. (Nenadál J, 2004), (Nenadál J. a kol, 2008)

5.1 Výdaje vztahují se k jakosti u výrobce

Tvoří tu část výdajů vztahujících se k jakosti, kterou vynakládá na procesy zabezpečování a zlepšování jakosti výrobce. O tom, že jde o významné části celkových nákladů organizací, není sporu. Podle britských zkušeností tvoří 30 až 35% veškerých nákladů. Přesné údaje z českých firem nejsou k dispozici. Jednak jsou považována za důvěrná, ale hlavním důvodem je to, že v nedostatečné přesnosti a systematicky se sledují jen minimálně. V současnosti lze pro úvahy o výdajích vztahujících se k jakosti u výrobců využít variantních přístupů, často označovaných jako: (Hutyra M, 2007), (Nenadál J. a kol., 2008)

- model PAF
- rozšířený model PAF
- model COPQ
- model procesních nákladů
- model snižování výdajů pomocí Taguchiho metod

5.1.1 Model PAF

Je to historicky nejstarší přístup ke sledování a vyhodnocování výdajů vztahujících se k jakosti u výrobců. Jeho historie spadá do sedmdesátých let dvacátého století, kdy byl vyvinut ve společnosti General Electric. Tento model je založen na členění všech položek výdajů vztahujících k jakosti do čtyř základních skupin: výdajů na interní vady, výdajů na externí vady, výdajů na hodnocení a výdajů na prevenci. Zatímco první dvě skupiny jsou z ekonomického hlediska čistou ztrátou, zhoršující ekonomickou výkonnost organizací, výdaje na hodnocení, resp. prevenci už mají charakter nákladů. Model PAF je zřejmě nejrozšířenější jak v zahraničí, tak i mezi českými organizacemi. Ve Velké Británii je např. od roku 1990 i normován. (Nenadál J, 2004), (Nenadál J. a kol., 2008)

5.1.2 Rozšířeny model PAF

Kromě výše zmíněných skupin výdajů, se kterými pracuje i klasický model PAF, jsou do něj zahrnuty další dvě skupiny výdajů: Výdaje na promrhané investice a příležitosti a výdaje na škody na prostředí, jež v podstatě také reprezentují ekonomické ztráty organizací. (Nenadál J. a kol., 2008)

Využívání obou těchto modelů umožní analyzovat výkonnost systému managementu jakosti, odvozenou od trvalého zvyšování podílu výdajů na prevenci na celkových výdajích vztahujících se k jakosti na straně jedné, jakož i od snižování podílů výdajů na vady, promrhané příležitosti a škody na prostředí na straně druhé. (Nenadál J. a kol., 2008)

5.1.3 Model COPQ

V roce 1995 byl tento model v Česku představen experty Evropské unie jako výsledek speciálního projektu, který byl řešen s cílem podpořit zavádění systému managementu jakosti v postkomunistických zemích. Tento model vychází z předpokladů, že neplnění požadavků způsobuje vždy výrobcům nezadbatelné ekonomické ztráty. Jedinečnost modelu spočívá v tom, že se zaměřuje výhradně na mapování neproduktivních ztrát. Kromě výdajů na externí a interní vady se pak uvažuje s dalšími podskupinami výdajů na promrhané investice a škodami na prostředí. Je škoda, že ani tento model nenašel v našem prostředí širší pozitivní odezvu. (Nenadál J, 2004), (Nenadál J. a kol., 2008)

5.1.4 Model procesních nákladů

Je to moderní a perspektivní nástroj ke sledování výdajů, který vychází z potřeby poznání toho, kolik nás stojí ne produkty, ale procesy samé. Model rozlišuje pouze dvě základní podskupiny výdajů: výdaje na shodu a výdaje na neshodu v daném procesu. Výdaje na shodu v procesu v praxi reprezentují minimální výdaje na to, aby se mohl proces vůbec realizovat, a to tím nejefektivnějším způsobem. Výdaje na neshodu v procesu jsou zbytečně promrhané prostředky, které se reálně v jeho rámci spotřebují bez efektu. (Nenadál J, 2004), (Nenadál J. a kol., 2008)

5.1.5 Model snižování výdajů pomocí Taguchiho metod

Jedná se o metodu, která patří do skupiny méně známých způsobů minimalizace nákladů vztahujících se k jakosti. Jeho autorem je japonský inženýr Genichi Taguchi. Taguchiho přístup vychází z předpokladu, že se ve výrobě uplatňuje výběrová kontrola a dále, že celkové výdaje vztahující se k jakosti L lze vypočítat pro případ výběrové kontroly, tj. po n jednotkách pomocí následujícího vztahu: (Nenadál J. a kol., 2008)

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{A}{d^2} \cdot \frac{D^2}{3} + \frac{A}{d^2} \cdot \frac{D^2}{u} \cdot \left(\frac{n+1}{2} + z \right) + \frac{A}{d^2} \cdot S_m^2 \quad (1)$$

kde: A – ztráta při překročení tolerance d ;

B – cena kontroly výrobku

C – cena opravy stroje

n – kontrolní interval

u – průměrný počet výrobků mezi opravami

d – funkční tolerance

D – výrobní tolerance

z – počet výrobků zhotovených během kontroly

s_m – směrodatná odchylka při kontrole měření

Tento vztah byl Taguchim sestaven, nikoli exaktně odvozen. Proto mohou být různé názory na jeho jednotlivé části nebo i na celý vztah. Nicméně praxe prokázala jeho účelnost, neboť je jednoduchý, nevyžaduje zvláštní zdroje a výsledky přinášejí ihned efekt. Daný vzorec umožňuje totiž nejen vypočítat celkovou výši určitých výdajů vztahujících se k jakosti, ale také nalézt optimální hodnoty některých parametrů. (Nenadál J. a kol., 2008)

Tab. 10 Přehled nákladů na jakost (KOŽÍŠEK, J. a STIEBEROVÁ, B. 2010)

Náklady na prevenci a kontrolu		Náklady na vady	
Prevence	Kontrola	Interní	Externí
Náklady na činnosti všech organizačních prvků systému jakosti	Náklady na všechny druhy technické kontroly	Náklady na práci navíc při opravách	Náklady na reklamace a stížnosti
Náklady na analýzy příčin neshod a na nápravná opatření	Náklady na kontrolu informačních vstupů	Ztráty z neopravitelných vad	Náklady na garanční a propagační servis
Náklady na průzkum trhu a prognózování znaků jakosti	Náklady na systémy samokontroly	Nereklamovatelné ztráty z vad v dodávkách	Náhrady škod odběratelům
Náklady na nákup norem, tvorbu a řízení dokumentace	Náklady na tvorbu software pro systémy tech. kontroly	Náklady na odstranění vad vlivem špatného skladování	Penále za opoždění dodávky a ztráty na úrocích
Náklady na vývoj a výrobu vlastní měřicí techniky	Náklady na provoz podnikových zkušeben a laboratoří	Náklady na odstranění vad v technické dokumentaci	Slevy z cen výrobků odchylné jakosti
Náklady na výzkum v oblasti managementu jakosti	Náklady na nákup a udržování měřicí techniky	Ztráty šrotací nepoužitelných zásob	Náklady na prohrané soudní spory
Náklady na poradenskou a konzultační činnost	Náklady na výrobu vzorků pro destrukční zkoušky	Náklady na přípravky a zařízení k opravám	Náklady na sklady na náhradních dílů
Náklady na vzdělávání a výcvik	Náklady na rozborů výsledků zkoušek	Ztráty znehodnocením materiálu při manipulaci	Náklady spojené se zodpovědností za výrobek
Náklady na realizaci projektů zlepšování jakosti	Náklady na tvorbu podmínek pro ověřování shody	Náklady na řízení neshodných výrobků	Ztráty stahováním neshodných výrobků z trhu
Náklady na zavádění nových metod řízení jakosti	Náklady na testování u uživatelů	Vicenáklady spojené s reklamováním neshod v dodávkách	Ztráty z titulu nedostatečné finality dodávek
Náklady na nákup techniky, podmiňující plnění požadavků na jakost	Náklady na marketingové testy a validaci návrhu	Náklady na likvidaci neopravitelných vadných výrobků	Ztráty trhů
Náklady na tvorbu a distribuci uživatelské dokumentace	Náklady na činnost externích orgánů posuzování shody	Náklady na předčasnou obnovu HIM	Náklady na hledání nových odběratelů
Náklady na certifikaci personálu	Náklady na schvalování výrobků	Náklady na opakovanou kontrolu a zkoušení	
Náklady na informační systémy managementu jakosti	Náklady na inspekci jakosti	Ztráty z titulu špatných rozhodnutí	
Náklady na programy jakosti nákupu	Náklady na hodnocení změn a konfigurační řízení	Pokuty a penále za poškození prostředí	
Náklady na motivační programy	Náklady na benchmarking	Náklady na uvedení prostředí do původního stavu po ekologických haváriích	
Náklady na aplikaci koncepce včasné výstrahy	Náklady na samohodnocení	Náklady na práci navíc při opravách	
Náklady na analýzy způsobilosti procesů a strojů	Náklady na audity jakosti	Ztráty z neopravitelných vad	
Poplatky za členství v mezinárodních a národních organizacích	Náklady na všechny druhy technické kontroly	Nereklamovatelné ztráty z vad v dodávkách	

6 IFORMACE O FIRMĚ METALDYNE OSLAVANY

6.1 Vznik závodu Metaldyne Oslavany spol. s.r.o.

V roce 1993 byla založena společnost Neumeyer CR, spol. s.r.o., která vznikla spoluprací české společnosti Teplárny Brno, a.s. a německé společnosti Neumeyer Fliespressen GmbH. Českou stranou byly poskytnuty budovy se třemi hlavními halami, do kterých byla převedena část výroby lisování za studena z Německa. Do roku 1997 byla výroba postupně navyšována, kde se stabilizovala na hodnotě 400 milionů korun za rok. V roce 1997 společnost MascoTech koupila společnost Neumeyer a tehdy se závod v České republice stal k závodu Německu sesterským. V roce 2001 se tato společnost stala součástí americké společnosti Metaldyne, kde se změnou vlastníka došlo i ke změně názvu. V tomto roce došlo i k rozšíření v závodu o novou halu, které se využila pro zařízení tepelného zpracování a linky povrchových úprav. Následujícího roku byly přistavěny další dvě haly, aby vznikly potřebné prostory pro nové obráběcí zařízení. Do roku 2006 bylo zaměstnáno okolo 250 lidí a tržby podniku činili již 940 milionů korun. (METALDYNE spol. s r.o., 2014)



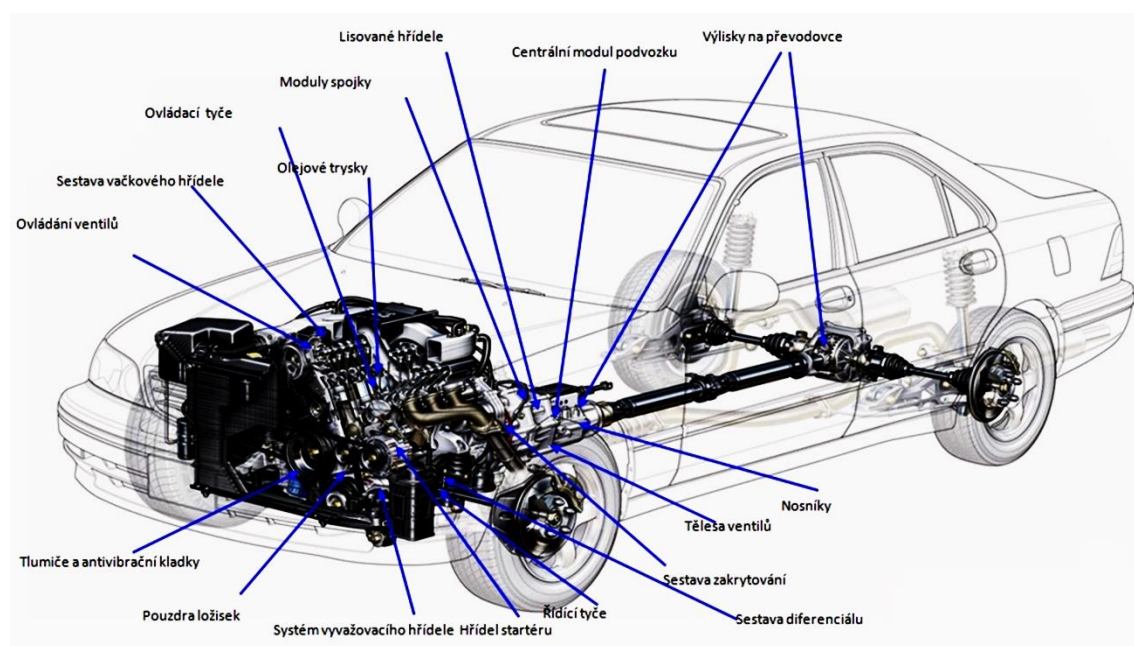
Obr. 3 Výrobní hala Metaldyne Oslavany (METALDYNE spol. s r.o., 2015)

Počátkem roku 2012 společnost Metaldyne Oslavany zakoupila a zrekonstruovala bývalý výrobní areál Kepák ležící ve městě Zbýšov u Brna, který se nachází necelých 5 kilometrů od závodu v Oslavanech. Důvodem pro tuto investici bylo vytvoření

vhodných prostorů pro obrobnu a uvolnění stávajících hal pro plánovaný přesun výrobních lisů z Německa do České republiky. V roce 2014 byla poskytnuta dotace z prostředků Evropského fondu pro regionální rozvoj na pořízení nového výrobního lisu Schuler v hodnotě činící 141 milionů korun, V současné době je zaměstnáno v obou dvou závodech 340 zaměstnanců, z toho 240 v Oslavanech, kde se nachází sídlo a vedení firmy. (METALDYNE spol. s r.o., 2014)

6.2 Výrobní sortiment společnosti

Současný výrobní program společnosti Metaldyne Oslavany zahrnuje především výrobu součástí do automobilového průmyslu, a to buď přímo automobilkám, jako jsou například BMW, Daimler Chrysler, Porsche, VW a podobně anebo dalším odběratelům dodávající do automobilového průmyslu – např. Magna, Robert Bosch, Dana Spicer. Mezi nejvíce vyráběné výrobky patří drážkové náboje, tlumiče, různé druhy hřídelů včetně drážkovaných a dutých, tlakové filtry, tlakové láhve a další výrobky především z oceli. Rovněž dodává i pro společnosti z jiných oborů například Hilti, M+S Hydraulic a Hydac. (METALDYNE spol. s r.o., 2015)

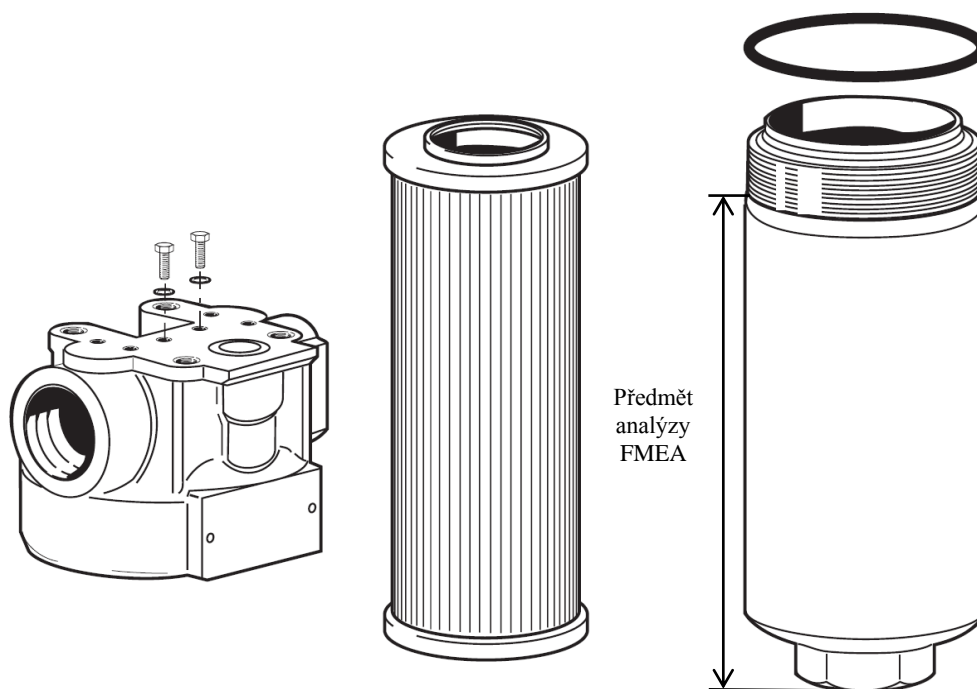


Obr. 4 Rozmístění výrobků Metaldyne u osobního vozu (METALDYNE spol. s r.o., 2014)

7 APLIKACE METODY FMEA

7.1 Definování předmětu a procesu pro analýzu

Ve firmě se bude analyzovat metodou FMEA proces výroby spodního tělesa hydraulického tlakového filtru, který je požíván v mazacích a hydraulických okruzích. Ve společnosti Metaldyne spol. s.r.o. je vyráběno mnoho modifikací tohoto výrobku, pro které je nutné mít zpracovanou procesní analýzu FMEA z důvodu splnění požadavků odběratelů, zvýšení konkurenceschopnosti a k dodržení stabilní kvality. Daný výrobek má být dodaný ve stavu vylisku se zbytkem fosfátové vrstvy a mazacího prostředku. Protože zbývající operace se budou konat u jiné společnosti, poslouží tyto povrchové úpravy k zakonzervování a k ochraně před korozí výrobků před odesláním k zákazníkovi. Předpokládaná výrobní série sčítá 10 000 kusů. Výchozím materiálem je ocel C 35 (12 040) o průměru 80 mm a délce tyčí 6 metrů. Výkres konkrétního výrobku, technologického postupu a vývojového diagramu technologického postupu výroby je umístěný v přílohách I až III.



Obr. 5 Hydraulický tlakový filtr (Argo-hytos, 2015)

7.2 Sestavení týmu FMEA

Pro realizaci vlastní analýzy FMEA procesu bylo zapotřebí nejprve vše prodiskutovat s technologem výroby, který je pověřený zpracováním metody FMEA v dané firmě pro všechny výrobky vyráběné protlačováním oceli za studena. Toto seznámení spočívalo v tom, že mi byl poskytnut výrobní výkres a stávající technologický postup výroby. Dále jsem se sešel s vedoucími pracovníky z úseku řezárny, lisovny, tepelných a povrchových úprav, kteří mi poskytli další konkrétní informace o výrobě.

7.3 Informace o technologickém postupu výroby

7.3.1 Řezání

Řezání tyčí, které jsou již dodané ve vyžíhaném a ve vyloupaném stavu, probíhá ve firmě Metaldyne na poloautomatových kotoučových pilách značky Amada. Kotoučové pily mají všeobecně dobrou produktivitu práce, vysokou kvalitu řezné plochy, vysokou přesnost řezné spáry, nízkou drsnost povrchu obrobene plochy a vysokou životnost pilového kotouče. Pro plynulé navážení materiálů se používá zásobník s podávacím zařízením, který posouvá tyč o stejnou dráhu. Pilový kotouč, který je upnut ve vřetení stroje koná otáčivý pohyb, který se vyjadřuje obvodovou rychlostí v_c [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] a pohyb posuvný vyjádřený parametrem f_z [mm]. Pro optimalizaci procesu řezání u daného materiálu je rozhodující vybrat správné rychlost, poměry mezi nimi, tvary zubů a materiál, ze kterých jsou vyrobeny. Kromě těchto základních parametrů existuje mnoho dalších, které ovlivňují životnost nástroje a kvalitu řezu. (Humár A., 2004)



Obr. 6 Řezání oceli na kotoučových pilách (METALDYNE spol. s r.o., 2015)

7.3.2 Povrchové úpravy

Povrchové úpravy jsou velmi důležité pro následující pracovní operaci. Při protlačování oceli za studena vzniká mezi průtláčkem a nástroji vysoké tření, které vede k zadření a průtláček může uvíznout na průtláčnicku nebo na průtláčnici. Dalším důvodem používání povrchových úprav je, že se sníží potřebná síla k protlačení a tím dochází k menšímu opotřebení nástrojů.

Všechny povrchové úpravy nařezaných ocelových špalíčků probíhají na lince povrchových úprav, která se skládá z po sobě následujících nádrží. Špalíčky se vysypávají do závěsných otočných bubnů, které jsou za pomoci jeřábů přemísťovány do jednotlivých nádrží s roztoky. Celá linka je plně automatizovaná a řízená navrženým programem dle daného technologického postupu.

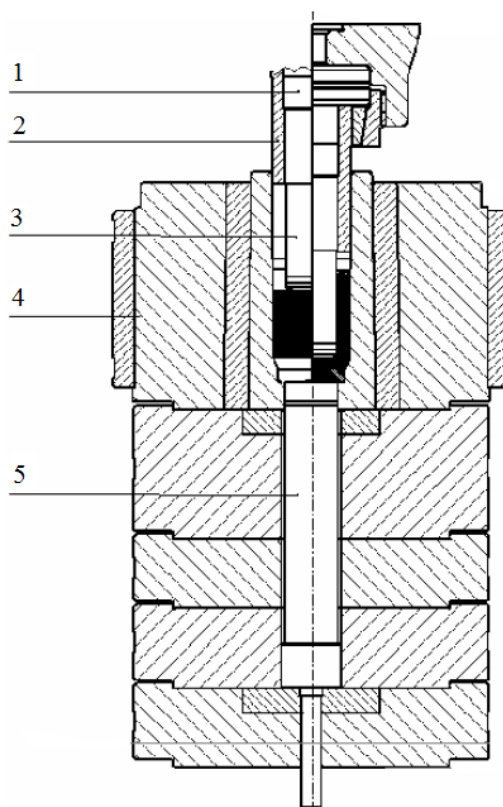
Samotný proces povrchové úpravy u tohoto výrobku začíná v odmašťovacích a oplachovacích lázních, které mají za úkol odstranit zbytky olejů, které byly použity při chlazení pilových kotoučů. Dále následuje mořící lázeň v roztoku kyseliny sírové, která odstraní rzi, okuje a následně očistí povrch kovu na čistý aktivní kov s mikroskopickými trhlinami. Tento povrch se musí následně v oplachovacích nádržích očistit a umožnit v aktivační lázni vzniku výrazně většího počtu míst, které při fosfátování budou iniciovat vznik fosfátové vrstvy. Po fosfátování následuje očištění a osušení. Poslední povrchovou úpravou je takzvané mýdlování, při kterém se na fosfátovaný povrch nanese vrstva mýdla, která usnadní protlačování. (Sklenář L., 2010), (Nováková B., 2012)



Obr. 7 Linka povrchových úprav (Sklenář L., 2010)

7.3.3 Kalíškování

Kalíškování je proces, při kterém obsluha lisu vloží ocelový špalík do průtlačnice a průtlačník přenesse tlak lisu na průtlaček, vněm se vyvolá prostorová tlaková napjatost, která umožní deformovat materiál bez toho, aby došlo k porušení soudržnosti, materiál tedy může volně téci proti směru pohybu průtlačníku. Tento děj probíhá na hydraulickém lise Neumann, který dokáže vyvodit maximální sílu až 12 000 kN. Velikost pracovního zdvihu lisu činí 44,5 mm, stupeň deformace průtlačku, což je měřítkem jeho plastické deformace činí 49,5 % a teoretická síla, která je potřebná pro vytvoření kalíšku je 5 000 kN. Následkem protlačování oceli za studena dochází ke zpevnění materiálů, a tedy musí následovat před dalším tvářením tepelné zpracování. Pro vedení průtlačníku se používá vodící pouzdro, které je zavedeno do průtlačnice s vůlí až 0,05 mm. Dolní stranu protlačku tvoří vyhazovač, který vysune výrobek po protlačení, aby ho mohla obsluha vyjmout. V případech zadření průtlačku na průtlačníku se použije stěrač. (Sklenář L., 2010), (METALDYNE spol. s r.o., 2015)



Obr. 8 Sestava pro kalíškování (METALDYNE spol. s r.o., 2015)

1 – tlaková podložka; 2 - vodící pouzdro; 3 – průtlačník; 4 – zděř; 5 - vysunovač

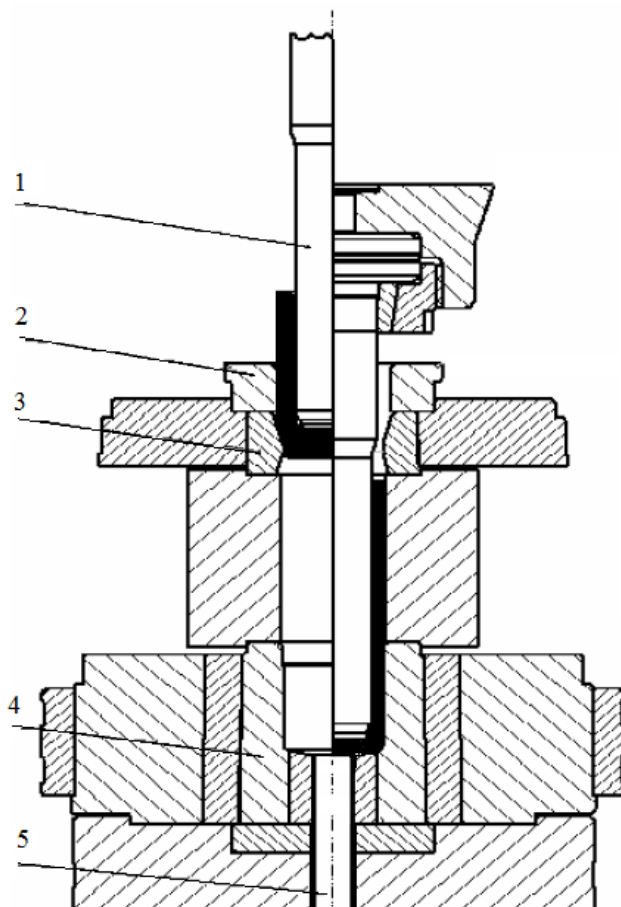
7.3.4 Rekrystalizační žihání

Při kalíškování průtlačku došlo ke zpevnění materiálu a následně se nedá dále tvářet. Proto se provádí mezi jednotlivými tvářecími operacemi rekrystalizační žihání, které odstraní deformační zpevnění a obnoví tvárné vlastnosti oceli. V tomto případě je průtlaček zahřán v průběžné peci Aichelin na rekrystalizační teplotu 700 °C s výdrží 12,5 minuty, celková doba žihání činí dvě hodiny. Průběžnou pec tvoří osm košů v topné zóně a dvanáct košů v chladicí zóně. Kapacita jednoho koše je 300 kg. Vkládání materiálu z přichozích beden do košů se provádí obsluha pomocí halového jeřábu. Obsluha dále uloží vsázku do pece, nastaví příslušný program dle pracovního lístku a spustí ho. Během spuštěného programu obsluha zařízení průběžně kontroluje provozní záznam žihacího procesu linku podle pracovního lístku a předpisu pro tepelné zpracování. Tolerance teplot je +10 °C a -15 °C. Tolerance žihacího času je ±2 %. Aby se zabránilo vzniku okují opalem, používá se ochranná atmosféra metanolu a dusíku. Po rekrystalizačním žihání se u průtlačku provádí druhá povrchová úprava, která probíhá na stejné lince jako u první povrchové úpravy. (METALDYNE spol. s r.o., 2015)

7.3.5 Tažení

Po druhé povrchové úpravě se provádí proces zvaný tažení. Tažením se zúží, ale přitom se prodlouží stěna průtlačku, celkový průměr se zmenší o sedm milimetrů. Stejně jako u všech tvářecích operací seřizovač provede seřízení lisu a nástrojů dle výrobního výkresu, zkontroluje mechanické a bezpečnostní funkce lisu dle návodu na obsluhu. Sám kusy proměří a stroj v případě, že kus neodpovídá výkresové dokumentaci průběžně doseřídí. Po dosažení souladu vyrobených dílů s předepsanou dokumentací se vyrobí pět zkušebních kusů, které se předloží k výrobní kontrole, poměření a odsouhlasení dle kontrolního plánu. Pokud výsledek kontroly vyhovuje, přejde se k uvolnění výroby. Zde se provede zápis o provedeném měření do záznamového listu a následně provede uvolnění procesu výroby svým podpisem vedoucí směny nebo mistr. Výrobek, na základě kterého bylo uvolnění provedeno, se označí a uloží na kontrolním pracovišti do vyznačeného prostoru. Na konci výrobní operace zařadí přední dělník tyto kusy mezi shodné výrobky. V případě uvolnění výroby s odchylkou je mistr nebo vedoucí směny povinen uvést v záznamovém listu na základě jakého rozhodnutí výrobu s odchylkou povolil a potvrdí tento záznam svým podpisem. Přední dělník lisovny ověří, zda je obsluha řádně proškolená k obsluze lisu a seřizovač seznámí obsluhu

s pracovním postupem a způsobem vizuální kontroly. Pokud se objeví neshoda u vyráběných kusů, obsluha ústně upozorní mistra a přestane vyrábět. Dále se zapíše do záznamového listu příčina neshody a mistr směny označí všechny vyrobené bedny s díly od poslední kontroly. Práce obsluhy lisu probíhá na hydraulickém lise Clearmann, jehož maximální síla je 1 500 kN. Velikost pracovního zdvihu lisu činí 50 mm, stupeň deformace průtlačku činí 30 %. (METALDYNE spol. s r.o., 2015)



Obr. 9 Sestava pro tažení (METALDYNE spol. s r.o., 2015)

1 – průtlačník; 2 – základní kroužek; 3 – tažný proužek; 4 – průtlačnice; 5 - vysunovač

7.3.6 Žihání na odstranění vnitřního pnutí

Po operaci tažení následuje žihání na odstranění vnitřního pnutí, které se provede ve zvonové žihací peci typu ATI. Tento typ žihání se použije pro odstranění vnitřního pnutí, bez toho aby se změnila struktura a původní vlastnosti oceli. Podle plánu výroby se vyhledá pracovní sešit a podle něj se nastaví na peci žihací program. Pec se uvede do automatického provozu a zapíše se do předávací knihy čas uvedení do provozu

s uvedením série a názvu výrobků. Žihání probíhá u daného výrobku celkem 320 minut. Ohřev na teplotu 550 °C probíhá během dvou hodin, výdrž na této teplotě je 80 minut. Následně probíhá dvou hodinové chlazení v peci na teplotu 280 °C a pak dochází k ochlazení na vzduchu. Žihací pec má kapacitu osmi košů s nosností jednoho koše 1 500 kg. Během provozu se kontrolují teploty v žihacích zónách pece a zápis o správném postupu do formuláře. Tolerance teplot je +10 °C a -15 °C. Po ukončení provozu se výrobky vyvezou z pece, označí se vyžíhané výrobky etiketou a zkontroluje se správnost záznamu žihacího procesu na výstupu tiskárny počítače. (METALDYNE spol. s r.o., 2015)



Obr. 10 Komerová (zvonová) žihací pec typu ATI (METALDYNE spol. s r.o., 2015)

7.3.7 Povrchové úpravy

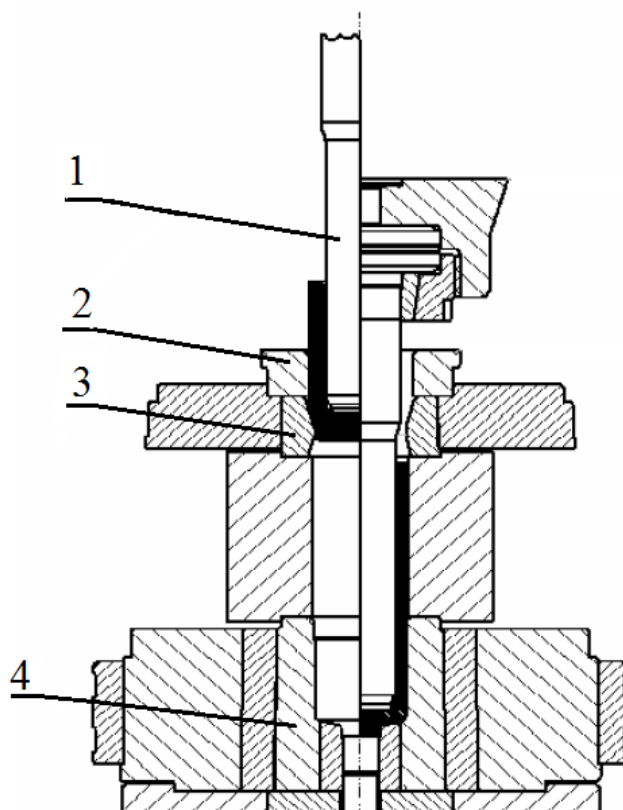
Po žihání na odstranění vnitřního pnutí se u protlačku provádí poslední povrchová úprava, která probíhá na stejné lince jako u první a druhé povrchové úpravy. Před uvedením linky do provozu se nastavuje a kontroluje program na zařízení dle pracovního lístku plánu výroby a dalších příloh. Během provozu přední dělník kontroluje zařízení ve stanovených intervalech skutečné hodnoty dle příslušné dokumentace. Jediný rozdíl je až na konci linky povrchových úprav. Zde se nahrazuje proces mýdlování takzvaným molykováním. Význam molykování je totožný jako u mýdlování, ale s tím rozdílem, že molykování se provádí u operací s vyšší hodnotou přetvárné deformace a u výrobků, kde jsou zapotřebí vysoké měrné tlaky. Na průtlaček se nanáší mazivo ve formě roztoku sirníku molybdenu (MoS_2), pod obchodním názvem Molyko.

Lázně	Nakládací stanice	Odmašťovací lázeň	Odmašťovací lázeň	Oplachovací voda	Oplachovací voda	Mořicí lázeň	Oplachová lázeň	Oplachová lázeň	Aktivací lázeň	Oxidační mytí	Fosfátovací lázeň	Fosfátovací lázeň	Oplachová lázeň	Předávací stanice	Teplá oplach. lázeň	Okapová stanice	Mýdlovací lázeň	Molykovací lázeň	Konzervační lázeň	Okapová stanice	Vykládací stanice	
Teplota lázně	-	90°	90°	-	-	80°	-	-	-	80°	70°	70°	-	-	60°	-	70°	80°	80°	-	-	
Mýdlování - postup	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10		11		12	14	13				15	
Molykování - postup	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	11		12	14		13				15
Konzervace - postup	1	2	3	4	5	6	7	8							9				10	11	12	
Náplň	-	ZWEZ CLEAN 5340/1	ZWEZ CLEAN 5340/1	VODA	VODA	KYSELINA SIROVÁ	VODA	VODA	GARDOLENE V 6522	MANGANISTAN DRASELNÝ	GARDOBOND Z 3301	GARDOBOND Z 3301	VODA	-	GARDOLENE V 6625	-	GARDOLUBE L 6176/1	ZWEZ LUBE MD 210	ZWEZ OIL E 4999	-	-	

Obr. 11 Přehled pracovních postupů na lince povrchových úprav (Sklenář L., 2010)

7.3.8 Tažení s úpravou dna

Poslední tvářecí operací je tažení s úpravou dna, které je kombinací metod zpětného a dopředného protlačování. Aby se materiál dobře dostal do spodní části a vytvořil šestihran, musí se zvolit menší stupeň redukce pro kov, který teče v souladném směru s průtlačníkem. Při sdruženém protlačování průtlačník nejprve zatlačí průtlačníkem průtlaček do průtlačnice, ve které se vytvaruje dno průtlačku a následně je zaplněn prostor směrem vzhůru. Po protlačení by mělo zůstat na průtlačku zbytek fosfátové vrstvy a mazadla. Potřebná teoretická síla k tažení s úpravou dna je 6 000 kN, při stupni deformace průtlačku 23 % a pracovním zdvihu 600 mm. (METALDYNE spol. s r.o., 2015)



Obr. 12 Sestava pro tažení s úpravou dna (METALDYNE spol. s r.o., 2015)

1 – průtlačník; 2 – základní kroužek; 3 – tažný proužek; 4 – průtlačnice;

7.4 Fáze aplikace metody FMEA

Pro sestavení formuláře FMEA procesu byly použity získané informace ze vzorkové série, současné výroby, výroby z jiných podobných výrobků a ze záznamové dokumentace. Ne všechny potřebné informace o neshodných výrobcích jsou zaznamenávány v průvodce výrobní dávky a poté vloženy do informačního systému firmy. Do průvodky výrobní dávky se zapisují informace s počtem neshodných výrobků, taktéž se zapisuje i konkrétní projev vady, ale nezapisuje se mechanismus příčiny vzniku těchto neshodných výrobků. Z tohoto, ale i z dalších důvodů byla a je nutná osobní spolupráce mezi jednotlivými pracovišti.

7.4.1 Analýza současného stavu

V následujících bodech jsou identifikované možné vady, které se mohou vyskytnout na výrobku v průběhu dílčích operací procesu. Podrobně vypracovaný formulář FMEA procesu je umístěn v následující kapitole. V daném formuláři jsou označené vady, na které je potřeba se více zaměřit a učinit případná opatření ke snížení výskytu vad a ke zvýšení odhalitelnosti.

- **Řezání materiálu**

Při řezání materiálů může dojít k několika vážným chybám, které ve svém důsledku mohou být velmi závažné, a mohou vést až k neshodnému výrobku. Nejvíce ohodnoceným projevem vady u procesu řezání je špatná kvalita řezu (vznik rýh, trhlin atd.), která bývá zapříčiněna špatně nastavenými řeznými rychlosti (otáčky a posuv) anebo opotřebeným nástrojem či v neposlední řadě špatně zvoleným nástrojem. Důsledkem těchto vad je, že je výrobek dále nepoužitelný, popřípadě jsou vynaloženy velké náklady za opravy. Protože se tyto vady projevují nejvíce až při dalších tvářecích operacích, kdy výrobek mění tvar za vysokých hodnot deformace a povrchové rýhy se následně zřetelně otvírají, je proto potřeba se na tyto zaměřit, eliminovat a nejlépe předcházet. Další vysoce ohodnocenou vadou, ale méně závažným důsledkem pro následující operaci je špatná kolmost řezu, která je zapříčiněna rovněž nevhodně nastavenou řeznou rychlostí či otupeným nástrojem. Posledním projevem vady s vysokým ohodnocením rizikového čísla je nízká hmotnost součástky. Možnou příčinu u vzniku této vady můžeme hledat u obsluhy, která špatně nastaví délku řezaného výrobku. Výskyt této příčiny vady je však minimální a dá se jí relativně dobře předejít.

- **Povrchové úpravy**

U odmaštění, oplachování, moření, fosfátování, mýdlování a molykování výrobků na lince povrchových úprav mohou potenciálně vzniknout na výrobcích vady, které mají vysoký vliv nejen na kvalitu následné tvářecí práce, kdy v závislosti na dobře provedené povrchové úpravě závisí životnost protlačovacích nástrojů, ale i na kvalitu mezi jednotlivými pracovními postupy na lince povrchových úprav. Mezi jednotlivými pracovními postupy na lince povrchových úprav může nastat taktéž mnoho možným důsledků vad. U špatně provedených postupů odmaštění, opláchnutí a moření, hrozí ulpnutí nečistot na výrobku anebo v koších a následné přenesení do dalších van. U špatně provedeného fosfátování zase hrozí špatné přilnutí vrstvy mýdla či molyka. Pokud bude nanесena nepřiměřená vrstva mazacího prostředku, vznikne mezi průtlačkem a nástroji vysoká hodnota tření, která zapříčiní zadření průtlačku. Mezi možné příčiny mechanismů vad patří špatná koncentrace lázní, špatné složení lázní, špatná výška hladiny lázní, nedodržení ponoru v lázních atd.

- **Žihání**

U rekrystalizačního žihání a žihání na odstranění vnitřního pnutí může na výrobcích vzniknout stejné projevy vady. Nejvíce ohodnoceným projevem vady je vznik nevhodné struktury výrobků. To způsobí, že je výrobek neshodný anebo sníží životnost nástrojů při protlačování. Hlavní příčinou vzniku této vady je nedodržení žihacího času a průběhu ochlazení. Rovněž tyto možné příčiny vad způsobí vysokou tvrdost výrobku. Další možným projevem vady při žihání je vznik okují, který je zapříčiněn přítomností vlhkosti a kyslíku v peci.

- **Protlačovací operace**

Při protlačovacích operacích mohou vzniknout vady, které se projevují nedodržením geometrických tolerancí a nerovností povrchu. Všechny tři tvářecí operace mají velmi podobný průběh, proto jsou možné příčiny, důsledky a projevy vad velmi podobné. Mezi vady, které se projevují nedodržením geometrických tolerancí, patří například nedodržené rozměry vnitřního a vnějšího průměru, nedodržení tloušťky dna průtlačku a nedodržení házivosti. Tyto vady jsou nejčastěji zapříčiněny opotřebením nástrojů, popřípadě špatně seřízeným strojem. Vady související s nerovností povrchu (rýhy,

trhliny zvrásněná atd.) mohou být zapříčiněny taktéž opotřebeným nástrojem nebo špatnou předchozí povrchovou, popřípadě tepelnou úpravou materiálu.

U operace tažení a tažení s úpravou dna se navíc kontroluje diference tloušťky stěny, vnitřní průměr osazení, rádius, minimální délka průtlačku, rozměr a házení šestihranu. Původ v těchto vadách se opět může hledat v nesprávném seřízení stroje, špatném nástroji, popřípadě v nízké hmotnosti dodávaného průtlačku.

7.4.2 Analýza FMEA

Tab. 11 Formulář s analýzou FMEA

metaldyne Analýza možných vad a jejich následků (FMEA procesní)									
Díl hydraulický tlakový filtr Pa12R		Materiál C35		Číslo výkresu NCR/PAL2R/Z1558-3					
Odpovědnost za proces		Datum zpracování 3. 3. 2015							
Řešitelský tým Bula, Polák, Cvach, Štěpaník, Dubšík, Svoboda, Vaňátko		Zpracoval Vaňátko							
Proces	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Význam	Možná příčina mechanismus vady	Výskyt	Stávající kontroly procesu	Odhaditelnost	RPN	Doporučená opatření
Řezání (RS)	nízká hmotnost	neshodný výrobek	8	špatně nastavená délka	2	SPC kontrola 5/90 min	6	96	Důkladné poučení pracovníka
				nedostatečné posunutí tyče	1	SPC kontrola 5/90 min	6	48	Žádné opatření
	vysoká hmotnost	vícepráce	1	uvolnění dorazu	1	SPC kontrola 5/90 min	6	48	Žádné opatření
				špatně nastavená délka	2	SPC kontrola 5/90 min	6	12	Žádné opatření
	špatná kvalita řezu	neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	8	nedostatečné posunutí tyče	1	SPC kontrola 5/90 min	6	6	Žádné opatření
				uvolnění dorazu	1	SPC kontrola 5/90 min	6	6	Žádné opatření
				špatně zvolený nástroj	1	kontrola nástroje dle návodu k obsluze stroje	7	56	Žádné opatření
				špatně nastavená řezná rychlost (otáčky, posuv)	2	kontrola nastavení dle návodu k obsluze stroje a doporučení výrobce nástroje	7	112	Důkladné poučení pracovníka; Kontrola prvních vyrobených kusů
				otupený nástroj	2	vizuální kontrola 5/90 min.	7	112	Častější vizuální kontrola

Řezání (RS)	špatná kolmost řezu	neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	7	špatně nastavená řezná rychlost (otáčky, posuv)	2	kontrola 5/90 min	7	98	Důkladné poučení pracovníka
	nařizlý přítěž	neshodný výrobek	8	otupený nástroj	2	kontrola 5/90 min	7	98	Častější vizuální kontrola
Povrchové úpravy (BBS, BBM)	špatně opláchnuto	špinavý kus, přenos do dalších van	8	chyba obsluhy	3	vizuální	2	48	Nařezané kusy vyhazovat do kovového odpadu
				špatné složení lázně	4	kontrola lázně 1x za 24 hod.	3	96	Častější vizuální kontrola
				špatná teplota lázně	4	kontrola teploty 3x za směnu	3	96	Doplnění světelné signalizace
				nedodržení čas ponoru v lázních	2	kontrola při nastavení linky	3	48	Žádné opatření
				špatná výška hladiny lázně	4	kontrola výšky hladiny 3x za směnu	3	96	Častější vizuální kontrola
				netočení košů v lázních	3	vizuální kontrola funkčnosti zařízení	3	72	Žádné opatření
				nedodržena koncentrace	4	kontrola koncentrace 1x za 24 hod.	3	96	Častější vizuální kontrola
				špatně zvolená koncentrace	4	nastavení dle parameterů linky	4	128	reklamacce (špinavé kusy) zvýšení koncentrace
				obsah nežádoucích prvků	4	rozbor lázně 1x za 24 hod.	3	96	Častější kontrola
				špatná povrchová vrstva na polotovaru	3	vizuální kontrola na vstupu do linky	3	72	Žádné opatření
				změna chemikálií (jiný dodavatel apod.)	2	kontrola parameterů dle výrobce chemikálií	2	32	Žádné opatření
				špatná teplota lázně	5	kontrola teploty 3x za směnu	4	80	Žádné opatření
				nedodržení čas ponoru v lázních	2	kontrola při nastavení linky	3	24	Žádné opatření

Povrchové úpravy (BBS, BBM)	Špatně opláchnuto	špinavý kus, přenos do dalších van	4	špatná výška hladiny lázně	4	kontrola výšky hladiny 3x za směnu	4	64	Žádné opatření
				netočení košů v lázních	3	vizuální kontrola funkčnosti zařízení	5	60	Žádné opatření
				obsah nežádoucích prvků	5	rozbor lázně 1x za 24 hod.	4	80	Žádné opatření
				špatné složení lázni	4	kontrola obsahu Fe 1x za 24 hod.	3	96	Častější vizuální kontrola
				špatná teplota lázni	4	kontrola teploty 3x za směnu	3	96	Doplnění světelné signalizace
				nedodržení čas ponoru v lázních	2	kontrola při nastavení linky	3	48	Žádné opatření
				špatná výška hladiny lázně	4	kontrola výšky hladiny 3x za směnu	3	96	Častější vizuální kontrola
				netočení košů v lázních	3	vizuální kontrola funkčnosti zařízení	3	72	Žádné opatření
				nedodržena koncentrace	4	kontrola koncentrace 1x za 48 hod.	3	96	Častější kontrola
				špatně zvolená koncentrace	4	nastavení dle parametrů linky	4	128	reklamace (špinavé kusy) - zvýšení koncentrace
				obsah nežádoucích prvků	4	kontrola obsahu Fe 1x za 24 hod.	3	96	Častější kontrola
				změna chemikálií (jiný dodavatel apod.)	2	kontrola parametrů dle výrobce chemikálií	2	32	Žádné opatření
				špatná vrstva fosfátu	špatné přilnutí mazadla, vícepráce	4	špatné složení lázni	4	kontrola bodovitosti 1x za 24 hod.
špatná teplota lázni	5	kontrola teploty 3x za směnu	4				80	Žádné opatření	
				nedodržení čas ponoru v lázních	2	kontrola při nastavení linky	3	24	Žádné opatření

Povrchové úpravy (BBS, BBM)	špatná vrstva fosfátu	špatné přilnutí mazadla, vícepráce	špatná výška hladiny lázně	4	kontrola výšky hladiny 3x za směnu	4	64	Žádné opatření
			netočení košů v lázních	3	vizuální kontrola funkčnosti zařízení	5	60	Žádné opatření
			obsah nežádoucích prvků	5	kontrola obsahu Fe 1x za 24 hod.	4	80	Žádné opatření
	špatná vrstva mýdla	fleký na výrobku	zněna chemikálií (jiný dodavatel apod.)	2	kontrola parametrů dle výrobce chemikálií	2	16	Žádné opatření
			špatné složení lázně	4	vizuální kontrola na výstupu	4	80	Žádné opatření
			špatná teplota lázně	4	kontrola teploty 3x za směnu	4	100	Doplnění světelné signalizace
			nedodržení čas ponoru v lázních	2	kontrola při nastavení linky	3	30	Žádné opatření
			špatná výška hladiny lázně	4	kontrola výšky hladiny 3x za směnu	4	80	Žádné opatření
			netočení košů v lázních	3	vizuální kontrola funkčnosti zařízení	5	75	Žádné opatření
			nedodržena koncentrace	5	kontrola koncentrace 1x za 24 hod.	4	100	Častější kontrola
			obsah nežádoucích prvků	5	kontrola obsahu volných kyselin 1x za 24 hod	4	100	Častější kontrola
			zněna chemikálií (jiný dodavatel apod.)	2	kontrola parametrů dle výrobce chemikálií	2	20	Žádné opatření
			špatné složení lázně	4	vizuální kontrola na výstupu	4	64	Žádné opatření
špatná teplota lázně	5	kontrola teploty 3x za směnu	4	80	Žádné opatření			
špatná vrstva molyka	zadírání kusů v nástroji	4						

Povrchové úpravy (BBS, BBM)	špatná vrstva molyka	zadržení kusů v nástroji	4	nedodržení čas ponoru v lázních	2	kontrola při nastavení linky	3	24	Žádné opatření
				špatná výška hladiny lázně	4	kontrola výšky hladiny 3x za směnu	4	64	Žádné opatření
				netočení košů v lázních	3	vizuální kontrola funkčnosti zařízení	5	60	Žádné opatření
				nedodržena koncentrace	5	kontrola koncentrace 1x za 24 hod.	4	80	Žádné opatření
				obsah nežádoucích prvků	5	vizuální kontrola na výstupu	4	80	Žádné opatření
				změna chemikálií (jiný dodavatel apod.)	2	kontrola parametrů dle výrobce chemikálií	2	16	Žádné opatření
				nedodržení teploty žhání	3	kontrola teploty v peci	2	48	Žádné opatření
				nedodržení čas žhání	3	kontrola tvrdosti při RG	2	48	Žádné opatření
				nedodržení průběhu ochlazování	2	vizuální kontrola chladící soustavy 3x za směnu	4	64	Žádné opatření
				nedodržení teploty žhání	3	kontrola teploty v peci	2	42	Žádné opatření
Žhání (RG, EG)	nevhodná struktura	neshodný výrobek nízká životnost nářadí	7	nedodržení čas žhání	3	řídí zvolený program	6	126	přidat automatický zapisovač teploty a času
				nedodržení průběhu ochlazování	3	vizuální kontrola chladící soustavy 3x za směnu	6	126	přidat automatický zapisovač teploty a času
				špatná atmosféra v peci (vlhkost a přítomnost kyslíku)	2	Vizuální kontrola dusíkového zařízení 3x za směnu	3	36	Žádné opatření
				okújený povrch					

Kalškování (N)	nedodržené házení	neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	7	špatný nástroj	2	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	3	42	Žádné opatření
	nedodržena tloušťka dna	neshodný výrobek vícepráce	7	špatné seřízení troje	4	kontrola házení 5 ks/60 min	3	84	Častější kontrola
	špatný vnitřní průměr	nízká životnost nářadí	6	špatné seřízení troje	4	kontrola tloušťky dna 5 ks/60 min	3	84	Častější kontrola
	špatný vnější průměr	nízká životnost nářadí	6	přetížení stroje	2	kontrola při zahájení práce	2	28	Žádné opatření
	nevhovující povrch (týhy, zvrásnění apod.)	nízká životnost nářadí	6	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	36	Žádné opatření
	možný vznik trhlin	nízká životnost nářadí	6	opotřeбенý nástroj	4	vizuální kontrola každý 30-tý kus	4	96	Častější kontrola
	větší dířer. tloušťky stěny	neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	6	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	36	Žádné opatření
	rádius mimo toleranci	neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	6	opotřeбенý nástroj	4	vizuální kontrola každý 30-tý kus	4	96	Žádné opatření
	špatný průměr vnitřního osazení	neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	6	špatná povrchová (mazací) vrstva	4	kontrola na LPÚ	2	48	Žádné opatření
		neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	6	opotřeбенý nástroj	5	Vizuální kontrola trhlín 5 ks/60 min.	3	90	Častější vizuální kontrola obsluhou lisu
		neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	7	nevhovující materiál	4	vizuální kontrola trhlín každý 30-tý kus	3	84	Častější vizuální kontrola obsluhou lisu
		neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	7	nevhovující postup výroby	3	týmové posouzení v rámci projektu	3	63	Žádné opatření
		neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	5	nesprávné seřizení	5	kontrola 5 ks/60 min.	3	75	Žádné opatření
		neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	5	špatný nástroj	4	1+1 z dávky	3	60	Žádné opatření
	neshodný výrobek nízká životnost nářadí vícepráce	5	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	30	Žádné opatření	

Tazení (ZZ)	špatný průměr vnitřního osazení	vícepráce	5	opotřeбенý nástroj	3	kontrola 5 ks/60 min.	2	30	Žádné opatření
	špatný vnitřní průměr	nizká životnost nářadí	6	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	36	Žádné opatření
	špatný vnější průměr	nizká životnost nářadí	6	opotřeбенý nástroj	4	kontrola 5 ks/60 min.	4	96	Častější kontrola
	nevhovující povrch (rýhy, zvrásnění apod.)	neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	6	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	36	Žádné opatření
	možný vznik trhlin	neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	6	opotřeбенý nástroj	4	kontrola 5 ks/60 min.	4	96	Častější kontrola
	tloušťka dna mimo toleranci	neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	6	špatná povrchová (mazac) vrstva	4	kontrola na LPÚ	2	48	Žádné opatření
	nedodržena min. délka	neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	6	opotřeбенý nástroj	5	vizuální kontrola trhlín 5 ks/60 min.	3	90	Častější kontrola
	velké házení šestihranu	neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	7	nevhovující materiál	4	vizuální kontrola trhlín 5 ks/60 min	3	84	Častější kontrola
		neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	7	nevhovující postup výroby	3	týmové posouzení v rámci projektu	3	63	Žádné opatření
		neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	6	nesprávné seřízení	3	kontrola 5 ks/60 min.	2	36	Žádné opatření
		neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	5	nesprávné seřízení	3	kontrola 5 ks/60 min.	3	45	Žádné opatření
		neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	5	nizká hmotnost	3	kontrola 5 ks/60 min.	4	60	Žádné opatření
		neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	5	nesprávné seřízení	3	kontrola 5 ks/60 min.	3	45	Žádné opatření
		neshodný výrobek nizká životnost nářadí vícepráce	5	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	30	Žádné opatření
Tazení s úpravou dna (ZB)	tloušťka dna mimo toleranci	neshodný výrobek	6	nesprávné seřízení	3	kontrola 5ks /60 min.	2	36	Žádné opatření
	větší difer. tloušťky stěny	vícepráce	3	nesprávné seřízení	5	kontrola 5 ks/60 min.	3	45	Žádné opatření

Tazeni s úpravou dna (ZB)		rozměr šestihranu mimo toleranci	neshodný výrobek	6	opotřeбенý, vyštipnutý nástroj	5	kontrola 5 ks/60 min.	3	90	Častější kontrola obsluhou lisu
		rádius mimo toleranci	výrobek	5	špatný nástroj	4	1+1 z dávky	3	30	Žádné opatření
		špatný vnější průměr	nizká životnost nářadí	5	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	36	Žádné opatření
		špatný průměr vnitřního osazení	vícepráce	5	opotřeбенý nástroj	4	kontrola 5ks/60 min	4	80	Žádné opatření
		možný vznik trhlin	neshodný výrobek	7	nevyhovující materiál	4	vizuální kontrola trhlin 5 ks/60 min	3	84	Častější kontrola obsluhou lisu
		špatný vnitřní průměr	vícepráce	6	nevyhovující postup výroby	3	týmové posouzení v rámci projektu	3	63	Žádné opatření
		velké házení šestihranu	neshodný výrobek	5	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	36	Žádné opatření
		nedodržena min. délka	vícepráce	5	opotřeбенý nástroj	4	kontrola 5ks/ 60 min	4	96	Častější kontrola obsluhou lisu
		nevyhovující povrch (rýhy, zvrásnění apod.)	neshodný výrobek	6	nesprávné seřízení	3	5 ks/ 60 min.	3	45	Žádné opatření
			nizká životnost nářadí	5	špatný nástroj	3	kontrola při zahájení práce, výměny nástroje	2	30	Žádné opatření
			vícepráce	6	nesprávné seřízení	3	5 ks/60 min.	3	45	Žádné opatření
				5	nizká hmotnost	3	5 ks/60 min.	4	60	Žádné opatření
				6	špatná povrchová (mazací) vrstva	4	kontrola na LPÚ	2	48	Žádné opatření
				6	opotřeбенý nástroj	5	Vizuální kontrola trhlin každý 30-tý kus	3	90	Častější kontrola obsluhou lisu;

7.4.3 Návrh opatření

U procesu řezání byla již v minulosti vytvořena taková technologická opatření, která vedla k minimalizaci výskytu případných neshodných výrobků. Proto další navrhovaná opatření se mají zaměřit především na zvýšení pravděpodobnosti detekce neshodných výrobků. Jelikož v procesu řezání jsou vady v současnosti nejvíce zapříčiněny nesprávnou obsluhou stroje, nápravná opatření by měla být namířena na pravidelnou komunikaci se zaměstnancem, jeho dostatečném školením a případném osobním ohodnocením.

Celý pracovní postup na lince povrchových úprav je automatizován a monitorován výpočetní technikou, která dokáže do jisté míry předcházet nejrůznějším příčinám vad s použitím snímačů, které jsou ovšem velmi namáhané v daném prostředí a nelze se na ně plnohodnotně spoléhat. Některá z možných navržených opatření jsou: doplnění o kontrolu teploty lázně ručním teploměrem, zakoupení konstrukčně lépe řešených otočných košů, dávkovacích automatů chemikálií, výstražného semaforu, čidel kontroly hladiny atd.

U procesů žíhání se celý průběh řídí zvoleným programem. Z tohoto důvodu navržena opatření by se měla zaměřit na monitorování průběhu tepelného zpracování pomocí informačního systému a dodatečného přidání automatického zapisovače teplot a času.

Další navržená opatření týkající se tvářecích operací jsou zaměřena především na zvýšení detekce opotřebených nástrojů a neshodných výrobků. Protože první kdo je schopen identifikovat neshodu a upozornit svého nadřízeného, měla by být taková obsluha co nejvíce motivována. Výkon obsluhy by neměl být hodnocen pouze na základě výkonových norem, tedy počtu vyrobených kusů, ale i za minimalizací neshodných výrobků.

8 TECHNICKO–EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Výroba dané součásti metodou protlačování oceli za studena je bezesporu přínosná, nejen z technického hlediska, ale i z hlediska ekonomického. Tato technologie totiž umožňuje takřka dokonale využít materiál a minimalizovat náklady na dokončovací operace. Po technické stránce je známo, že výrobky vzniklé protlačováním se vyznačují vysokou kvalitou povrchu, přesností rozměrů a taktéž vyšší pevností, než je dodávaný materiál. Pokud je správně zvolen technologický postup výroby, lze snížit jak náklady na výrobu, tak i náklady na případné opravení vzniknutých neshodných výrobků.

V neposlední řadě je nutné dodat, že pro potvrzení vhodnosti výrobního postupu pro daný výrobek je nutné vzít v úvahu nejen množství výrobků v dané sérii, ale taktéž pracnost a velikost investičních nákladů.

Přímé náklady na materiál

$$PN_{mat.} = S_m \cdot C_m \cdot n \cdot k \quad [K\check{c}] \quad (2)$$

$$PN_{mat.} = 2,071 \cdot 20 \cdot 10\,000 \cdot 1,1$$

$$PN_{mat.} = 455\,620 \text{ K}\check{c}$$

kde:	S_m	– spotřeba materiálu	$[kg \cdot ks^{-1}]$
	C_m	– cena materiálu	$[kg \cdot K\check{c}^{-1}]$
	n	– počet vyráběných kusů	$[ks]$
	k	– přídavek materiálu na prořezy a zařízení	$[-]$

Přímé náklady na mzdy

$$PN_{mat.} = t \cdot M_t \cdot n \quad [K\check{c}] \quad (3)$$

kde:	t	– výrobní čas	$[Nh]$
	M_t	– hodinová mzda	$[K\check{c} \cdot h^{-1}]$
	n	– počet vyráběných kusů	$[ks]$
	t_{A1}	– čas výroby jednoho kusu	$[Nmin]$
	t_{B1}	– čas přípravy na jeden kus	$[Nmin]$
	d_v	– počet vyráběných kusů	$[-]$

$$t = t_A + t_B = \frac{t_{A1}}{60} + \frac{t_{B1}}{60 \cdot d_v} \quad (4)$$

Výpočet času (t_{A1})

Řezání:

Počet nařezaných špalíčků za minutu3 kusy

Celkový počet nařezaných výrobků.....10 000 kusů

Výrobní čas pro 10 000 ks je $\frac{10\,000}{3} = 3\,333,33$ minut

Čas výroby jednoho kusu: $t_{A1} = \frac{3\,333,33}{10\,000} = 0,3333$ Nmin

Kalíškování:

Počet zdvihů lisu za hodinu..... 240

Celkový počet průtlačku..... 10 000 kusů

Výrobní čas pro 10 000 ks je $\frac{10\,000}{240} \cdot 60 = 2\,500$ minut

Čas výroby jednoho kusu: $t_{A1} = \frac{2\,500}{10\,000} = 0,25$ Nmin

Tažení:

Počet zdvihů lisu za hodinu..... 220

Celkový počet průtlačku..... 10 000 kusů

Výrobní čas pro 10 000 ks je $\frac{10\,000}{220} \cdot 60 = 2\,727,27$ minut

Čas výroby jednoho kusu: $t_{A1} = \frac{2\,727,27}{10\,000} = 0,2727$ Nmin

Tažení s úpravou dna:

Počet zdvihů lisu za hodinu..... 190

Celkový počet průtlačku..... 10 000 kusů

Výrobní čas pro 10 000 ks je $\frac{10\,000}{190} \cdot 60 = 3\,157,89$ minut

Čas výroby jednoho kusu: $t_{A1} = \frac{3\,157,89}{10\,000} = 0,3158$ Nmin

Výpočet času (t_{B1})

Řezání:

Přípravný čas řezání pro 10 000 ks..... 180 minut

$$t_{B1} = \frac{180}{10\,000} = 0,018 \text{ Nmin}$$

$$t = t_A + t_B = \frac{t_{A1}}{60} \cdot \frac{t_{B1}}{60 \cdot d_v} = \frac{0,3333}{60} + \frac{0,018}{60 \cdot 10\,000} = 0,00555 \text{ Nh}$$

$$PN_{Mzdy} = t \cdot M_t \cdot n = 0,00555 \cdot 195 \cdot 10\,000 = 10\,823, - \text{Kč}$$

Kališkování:

Přípravný čas pro 10 000 ks..... 20 minut

Seřízení stroje a nářadí..... 80 minut

Demontáž sestavy..... 30 minut

Celkový přípravný čas: $20 + 80 + 30 = 130$ minut

$$t_{B1} = \frac{130}{10\,000} = 0,013 \text{ Nmin}$$

$$t = t_A + t_B = \frac{t_{A1}}{60} \cdot \frac{t_{B1}}{60 \cdot d_v} = \frac{0,25}{60} + \frac{0,013}{60 \cdot 10\,000} = 0,004166 \text{ Nh}$$

$$PN_{Mzdy} = t \cdot M_t \cdot n = 0,004166 \cdot 195 \cdot 10\,000 = 8\,124, - \text{Kč}$$

Tažení:

Přípravný čas pro 10 000 ks..... 20 minut

Seřízení stroje a nářadí..... 100 minut

Demontáž sestavy..... 30 minut

Celkový přípravný čas: $20 + 100 + 30 = 150$ minut

$$t_{B1} = \frac{150}{10\,000} = 0,015 \text{ Nmin}$$

$$t = t_A + t_B = \frac{t_{A1}}{60} \cdot \frac{t_{B1}}{60 \cdot d_v} = \frac{0,2727}{60} + \frac{0,015}{60 \cdot 10\,000} = 0,004545 \text{ Nh}$$

$$PN_{Mzdy} = t \cdot M_t \cdot n = 0,004545 \cdot 195 \cdot 10\,000 = 8\,863, - \text{ Kč}$$

Tažení s úpravou dna:

Přípravný čas pro 10 000 ks.....	20 minut
Seřízení stroje a nářadí.....	120 minut
Demontáž sestavy.....	40 minut

Celkový přípravný čas: $20 + 120 + 40 = 180$ minut

$$t_{B1} = \frac{180}{10\,000} = 0,018 \text{ Nmin}$$

$$t = t_A + t_B = \frac{t_{A1}}{60} \cdot \frac{t_{B1}}{60 \cdot d_v} = \frac{0,3158}{60} + \frac{0,018}{60 \cdot 10\,000} = 0,005263 \text{ Nh}$$

$$PN_{Mzdy} = t \cdot M_t \cdot n = 0,005263 \cdot 195 \cdot 10\,000 = 10\,263, - \text{ Kč}$$

Využití stroje

$$\eta = \frac{PK_{skutečně}}{PK_{teoreticky}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5)$$

kde: $PK_{skutečně}$ – počet kusů skutečně vyrobených za směnu

$PK_{teoreticky}$ – počet kusů teoreticky vyrobených za směnu

Řezání:

Celkový čas potřebný pro výrobu 10 000 kusů je 3 333,33 minut = 7 směn

$$PK_{teoreticky} = \frac{10\,000}{7} = 1\,429 \text{ ks} \cdot \text{směna}^{-1}$$

Přípravný čas stroje za 7 směn je 180 minut. Na jednu směnu tedy připadá 26 minut. Přičteme-li ještě 30 minut povinné přestávky, stroj tedy nepracuje 56 minut. Během této doby by tedy vyrobil $56 \cdot 3 = 56,3$ kusů.

$$PK_{skutečný} = 1\,429 - 56,3 = 1\,372,7 \text{ ks} \cdot \text{směna}^{-1}$$

$$\eta = \frac{PK_{skutečně}}{PK_{teoreticky}} \cdot 100 = \frac{1372,7}{1429} \cdot 100 = 96 \%$$

Kalíškování:

Celkový čas potřebný pro výrobu 10 000 kusů je 2 500 minut = 5,21 směny

$$PK_{teoreticky} = \frac{10\,000}{5,21} = 1\,919,39 \text{ ks} \cdot \text{směna}^{-1}$$

Přípravný čas stroje za 5,21 směny je 130 minut. Na jednu směnu tedy připadá 24,95 minuty. Přičteme-li ještě 30 minut povinné přestávky, stroj tedy nepracuje 54,95 minuty. Během této doby by tedy vyrobil $54,95 \cdot 4 = 219,8$ kusů.

$$PK_{skutečný} = 1\,919,39 - 219,8 = 1\,699,59 \text{ ks} \cdot \text{směna}^{-1}$$

$$\eta = \frac{PK_{skutečně}}{PK_{teoreticky}} \cdot 100 = \frac{1\,863,09}{1\,919,39} \cdot 100 = 88,6 \%$$

Tažení:

Celkový čas potřebný pro výrobu 10 000 kusů je 2 727,27 minuty = 5,68 směny

$$PK_{teoreticky} = \frac{10\,000}{5,68} = 1\,760,56 \text{ ks} \cdot \text{směna}^{-1}$$

Přípravný čas stroje za 5,68 směny je 150 minut. Na jednu směnu tedy připadá 26,41 minuty. Přičteme-li ještě 30 minut povinné přestávky, stroj tedy nepracuje 56,41 minuty. Během této doby by tedy vyrobil $56,41 \cdot 3,666 = 206,83$ kusů.

$$PK_{skutečný} = 1\,760,56 - 206,83 = 1\,553,73 \text{ ks} \cdot \text{směna}^{-1}$$

$$\eta = \frac{PK_{skutečně}}{PK_{teoreticky}} \cdot 100 = \frac{1\,553,73}{1\,919,39} \cdot 100 = 81 \%$$

Tažení s úpravou dna:

Celkový čas potřebný pro výrobu 10 000 kusů je 3 157, 89 minuty = 6,58 směny

$$PK_{\text{teoreticky}} = \frac{10\,000}{6,58} = 1\,519,76 \text{ ks} \cdot \text{směna}^{-1}$$

Přípravný čas stroje za 6,58 směny je 150 minut. Na jednu směnu tedy připadá 22,8 minuty. Přičteme-li ještě 30 minut povinné přestávky, stroj tedy nepracuje 52,8 minuty. Během této doby by tedy vyrobil $52,8 \cdot 3,1666 = 167,2$ kusů.

$$PK_{\text{skutečný}} = 1\,519,76 - 167,2 = 1\,352,56 \text{ ks} \cdot \text{směna}^{-1}$$

$$\eta = \frac{PK_{\text{skutečný}}}{PK_{\text{teoreticky}}} \cdot 100 = \frac{1\,352,56}{1\,519,76} \cdot 100 = 89 \%$$

Přímé náklady na elektrickou energii

$$PN_{\text{energie}} = P \cdot \eta \cdot t_{A1} \cdot C_E \cdot n \quad [Kč] \quad (6)$$

kde:	P	–	příkon	[kWh]
	t_{A1}	–	výrobní čas jednoho kusu	[Nh]
	η	–	využití stroje	[-]
	C_E	–	cena energie	[Kč · kWh ⁻¹]
	n	–	počet vyráběných kusů	[ks]

Řezání:

$$PN_{\text{energie}} = 5 \cdot 0,96 \cdot 0,00555 \cdot 2,4 \cdot 10\,000 = 639, - \text{ Kč}$$

Kalíškování:

$$PN_{\text{energie}} = 90 \cdot 0,886 \cdot 0,00416 \cdot 2,4 \cdot 10\,000 = 7\,961, - \text{ Kč}$$

Tažení:

$$PN_{\text{energie}} = 91 \cdot 0,81 \cdot 0,004545 \cdot 2,4 \cdot 10\,000 = 8\,040, - \text{ Kč}$$

Tažení s úpravou dna:

$$PN_{\text{energie}} = 96 \cdot 0,89 \cdot 0,00526 \cdot 2,4 \cdot 10\,000 = 10\,786, - \text{ Kč}$$

Náklady na povrchovou úpravu

Nosnost jednoho koše 800 kg

Náklady na jeden koš 1 305 Kč

Celková hmotnost výrobků..... 20 710 Kg

Počet nutných košů: $20\,710 : 800 = 26$

Náklady na jednu povrchovou úpravu činí: $1\,305 \cdot 26 = 33\,930 \text{ Kč}$

Náklady na všechny povrchové úpravy činí: $33\,930 \cdot 3 = 101\,790 \text{ Kč}$

Předpokládané náklady byly získány z jednotlivých úseků společnosti METALDYNE Oslavany, spol. s r.o.

Tab. 12 Přehled nákladů na výrobu

Náklady na:	KČ
Materiál	455 620
Dělení materiálu	31 060
Povrchové úpravy	305 370
Rekrystalizační žíhání	34 800
Žíhání na odstranění vnitřního pnutí	45 260
Tváření	29 080
Tváření (mzdy)	27 250
Tváření (energie)	26 787
Režijní náklady 15%	143 284
Nástroje	75 790
Celkové náklady (10 000 kusů)	1 174 301
Náklady na 1 ks	117,43

Náklady na výrobu jednoho kusu hydraulického tlakového filtru PAL2R činí 117,43 Kč.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce navazuje na moji bakalářskou práci, která se zabývala technologií výroby konkrétní součásti pro automobilový průmysl metodou protlačování oceli za studena. Cílem této diplomové práce bylo u dané součástky nalézt riziková místa ve výrobním procesu metodou FMEA, která je po dodavatelích pro automobilový průmysl striktně vyžadována.

Teoretická část diplomové práce byla věnována významu metody FMEA v oblasti managementu jakosti a její použití v předvýrobní fázi životního cyklu. Rovněž je v této metodě uvedeno základní rozdělení dle jejího použití. Dále je část práce věnována nástrojům managementu jakosti, které jsou používány nejčastěji k vypracování metody FMEA.

V praktické části diplomové práce je popsán postup aplikace metody FMEA procesů u konkrétního výrobku ve společnosti Metaldyne spol. s r.o. Pomocí shromážděných informací z vnitropodnikového informačního systému, brainstormingu se zaměstnanci a společných konzultací, bylo možné vypracovat seznam s vyskytujícími se závadami ve výrobním procesu, stanovit příčiny a následky těchto závad a navrhnout účinná nápravná opatření, která vedou ke snížení výskytu neshodných kusů a snížení nákladů spojených s vícepracemi. Poté co byl analyzován technologický postup výroby součásti, byl vytvořen formulář FMEA s vyznačenými prioritními rizikovými místy.

Z výsledků analýzy FMEA je patrné, že jednou ze zásadních oblastí, na kterou je potřeba se důkladně zaměřit jsou samotní zaměstnanci, které je třeba neustále motivovat k pečlivé práci. Druhou oblastí, na kterou je potřeba se zaměřit je samotné technické zařízení, které by mělo být modernizováno a opatřeno novými měřicími přístroji.

Vhodné je také podotknout, že nápravná opatření vedou zásadně ke zvýšení detekce závad a současně také ke snížení výskytu závad, což je velmi efektivní, protože se minimalizují náklady spojené s neshodnými výrobky ve firmě a taktéž především u zákazníka, jelikož v případě detekce neshodných výrobků zákazníkem jsou vynaložené výdaje na externí vady mnohonásobně větší.

V poslední části diplomové práce bylo provedeno technicko – ekonomické vyhodnocení, které upozorňuje na náklady při jednotlivých pracovních operacích daného výrobku.

SEZNAM LITERATURY

AGRO-HYTOS, *Tlakové filtry*. Databáze online [cit. 2015-3-16]. Dostupný na: http://www.argo-hytos.com/uploads/media/Katalog_D042_3010_CZ.pdf

ČSJ. *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA)*. Vydání 3. Česká společnost pro jakost, červenec 2001. 72 s. ISBN 80-02-01476-6.

ČSJ. *Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Vydání 4. Česká společnost pro jakost, červen 2008. 143 s. ISBN 978-1-60534-136-1 (orig.)

HUMÁR, ANTON. *Technologie I, technologie obrábění – 2. Část*. Brno, 2004. Studijní opora pro magisterskou formu studia. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie.

HUTYRA, M. *Management jakosti*. Ostrava: VŠB-TUO, 2007. 209 s. ISBN: 978-80-248-1484-1.

KOŽÍŠEK, J. a STIEBEROVÁ, B. *Management jakosti II*. Vydání 3. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2010. 197 s. ISBN 978-80-01-04656-2

METALDYNE spol. s r.o. *Firemní dokumentace*. Oslavany, 2015.

METALDYNE spol. s r.o. Databáze online [cit. 2014-12-13]. Dostupný na : <http://www.metaldyne.cz>

NENADÁL, J. *Měření v systémech managementu jakosti*. 2. vyd. Praha: Management Press, 2004. 335 s. ISBN 80-7261-110-0.

NENADÁL, J. a kol. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.

NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody v řízení jakosti*. Ostrava: Editační středisko VŠB, 1996. 99s. ISBN: 80-7078-318-4.

NOVÁKOVÁ, Barbora. *Fosfátové konverzní povlaky*. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie materiálů.

PLURA, Jiří. *Plánování a neustále zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. 240s. ISBN 80-7226-543-1.

SKLENÁŘ, Luděk. *Výroba drážkovaného náboje objemovým tvářením*. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie.

ZEMAN, Martin. *Zavedení metody FMEA do podniku Störi Mantel s.r.o.* Zlín, 2010. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Nejpoužívanější symboly vývojových diagramů	23
<i>Obr. 2</i> Diagram příčin a následku.....	24
<i>Obr. 3</i> Výrobní hala Metaldyne Oslavany	29
<i>Obr. 4</i> Rozmístění výrobků Metaldyne u osobního vozu.....	30
<i>Obr. 5</i> Hydraulický tlakový filtr.....	31
<i>Obr. 6</i> Řezání oceli na kotoučových pilách	32
<i>Obr. 7</i> Linka povrchových úprav	33
<i>Obr. 8</i> Sestava pro kalíškování	34
<i>Obr. 9</i> Sestava pro tažení.....	36
<i>Obr. 10</i> Komorová (zvonová) žíhací pec typu ATI	37
<i>Obr. 11</i> Přehled pracovních postupů na lince povrchových úprav	38
<i>Obr. 12</i> Sestava pro tažení s úpravou dna)	39

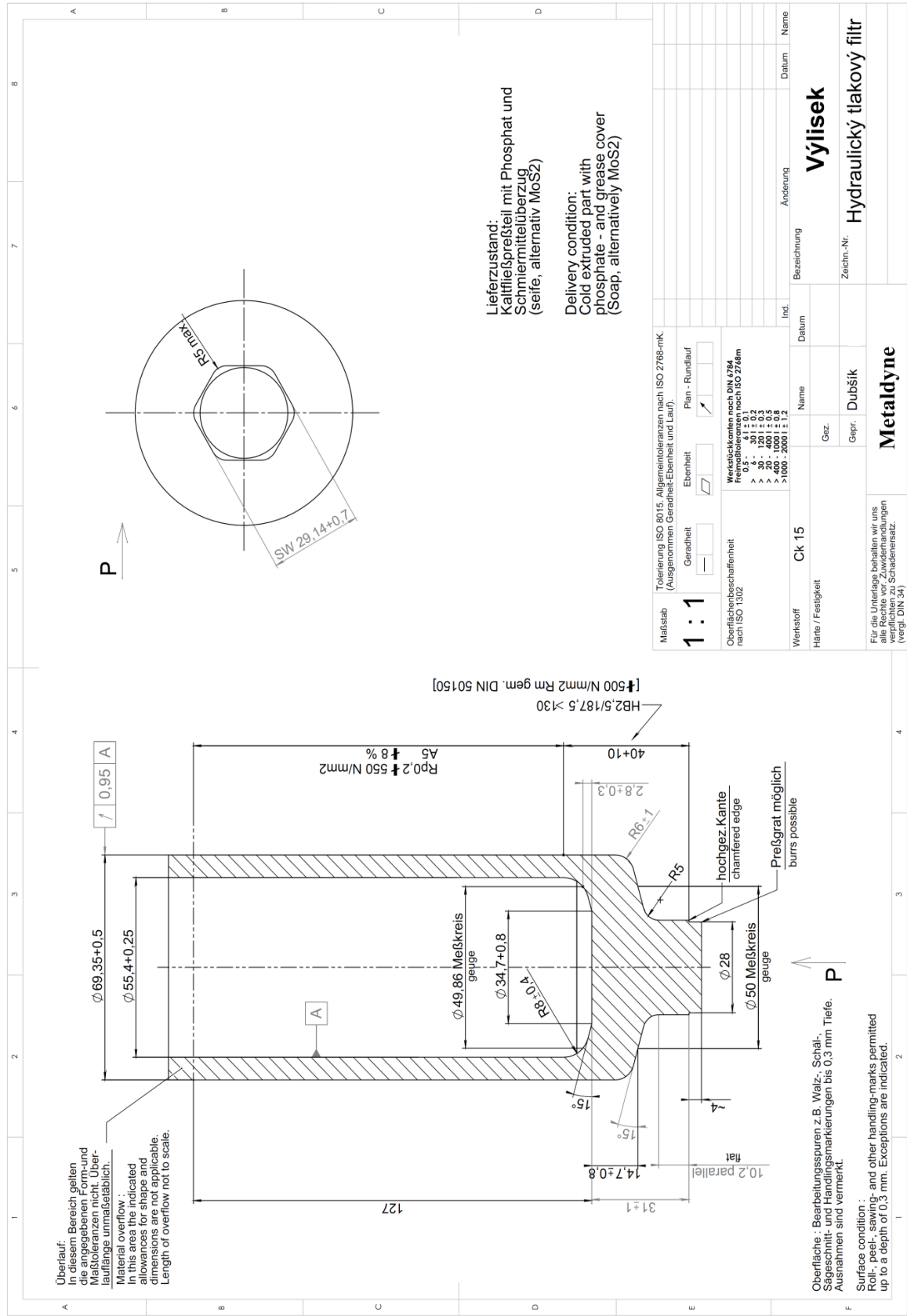
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1</i> Doporučená kritéria hodnocení závažnosti v rámci DFMEA	12
<i>Tab. 2</i> Doporučená kritéria hodnocení výskytu v rámci DFMEA	13
<i>Tab. 3</i> Doporučená kritéria hodnocení detekce v rámci DFMEA	14
<i>Tab. 4</i> Vzorový formulář FMEA	15
<i>Tab. 5</i> Doporučená kritéria hodnocení výskytu v rámci PFMEA.....	17
<i>Tab. 6</i> Doporučená kritéria hodnocení závažnosti v rámci PFMEA.....	18
<i>Tab. 7</i> Doporučená kritéria hodnocení detekce v rámci FMEA procesu	19
<i>Tab. 8</i> Zvláštní situace při hodnocení rizika možných vad a potřeba opatření.....	21
<i>Tab. 9</i> Rozdíly mezi RPN, SOD a SD.....	21
<i>Tab. 10</i> Přehled nákladů na jakost	28
<i>Tab. 11</i> Formulář s analýzou FMEA	43
<i>Tab. 12</i> Přehled nákladů na výrobu.....	58

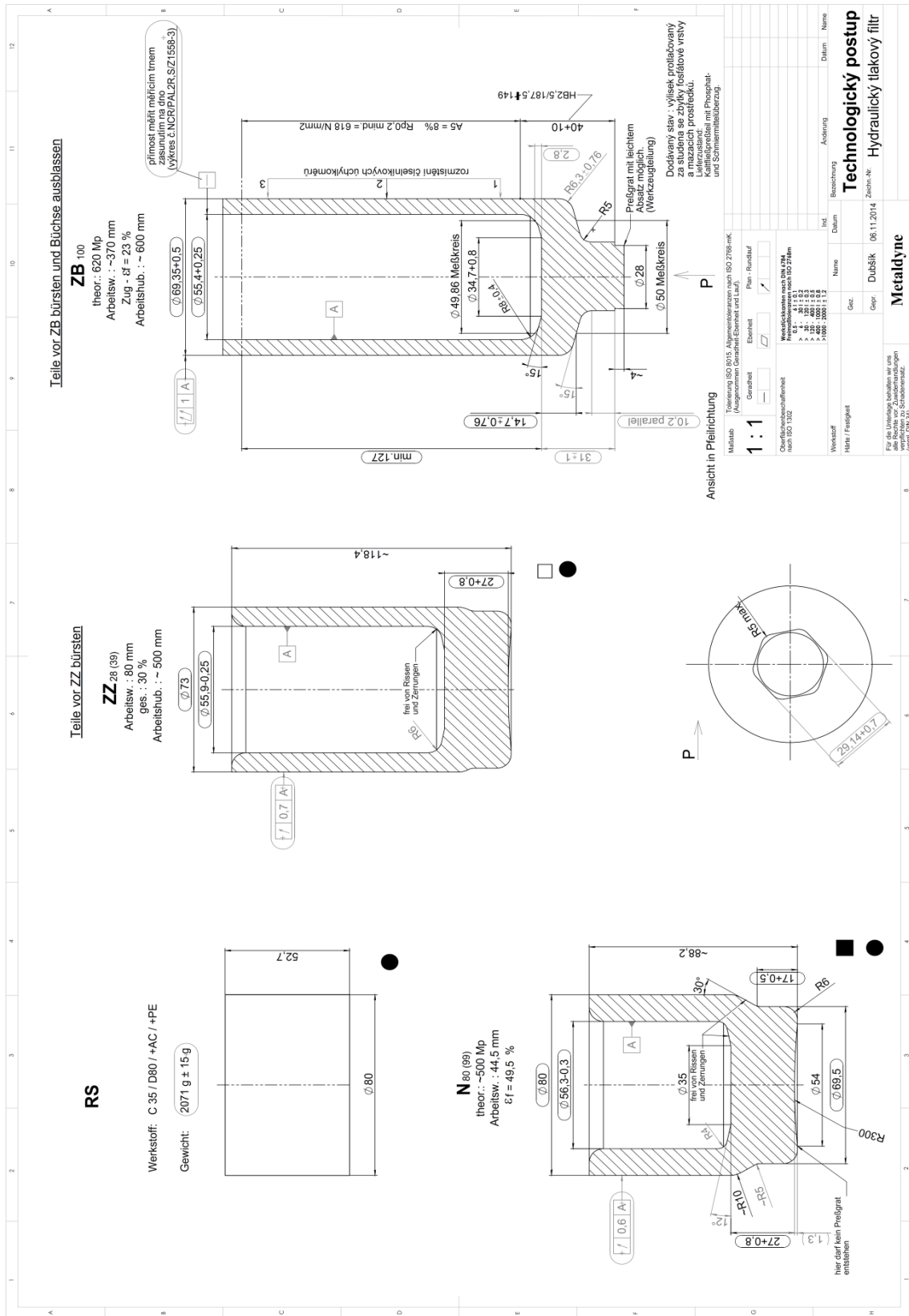
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha I Výkres součásti
- Příloha II Technologický postup součásti
- Příloha III Vývojový diagram technologického postupu

PŘÍLOHA I



PŘÍLOHA II



PŘÍLOHA III

