

Určení odpadního množství oceli a zmetkovitosti u výroby kovových spojovacích komponentů

Bc. Vojtěch Otřísal

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Vojtěch Otrisal
Osobní číslo:	T22386
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní inženýrství
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Určení odpadního množství oceli a zmetkovitosti u výroby kovových spojovacích komponentů

Zásady pro vypracování

- Teoretická studie k tématu práce.
- Analýza množství a příčin odpadu při výrobě spon.
- Návrh úprav v procesech a systému, zahrnující revizi FMEA a úpravy dat.
- Posouzení finančního dopadu navrhovaných změn na náklady a ziskovost výrobků.

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

Seznam doporučené literatury:

Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA): referenční příručka. 4. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008, vi, 143 s. ISBN 9788002021018.

KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. *Management jakosti I*. Vyd. 3., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, 227 s. ISBN 9788001045688.

KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. *Management jakosti II*. 3., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, 197 s. ISBN 9788001046562.

BLECHARZ, Pavel. *Řízení a zlepšování kvality*. Jesenice: Ekopress, 2023, 205 s. ISBN 978-80-87865-83-5.

SARTOR, Marco a Guido ORZES, ed. *Quality Management: Tools, Methods, and Standards*. United Kingdom: Emerald Publishing, 2019, xvi, 293 s. ISBN 978-1-78769-804-8.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2024**

Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2024**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 27. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá analýzou a minimalizací kovového odpadu generovaného při výrobě spojovacích komponent metodou plošného tváření. Cílem práce je identifikovat a kvantifikovat tři hlavní typy odpadu – technický, nastavovací a testovací odpad a začlenit tyto údaje do systému ERP pro lepší sledování a management. Práce dále provádí podrobnou analýzu zmetků a navrhuje strategie pro jejich redukci. Přístupem k řešení problému je využití principů Lean managementu, které jsou aplikovány k identifikaci zdrojů plýtvání a optimalizaci výrobních procesů. Výsledky této studie přinášejí praktické návrhy pro zlepšení výrobní efektivity a snížení nebo zahrnutí materiálového odpadu, což má pozitivní dopad na náklady a udržitelnost výroby.

Klíčová slova: Ocelový odpad, šrot, zmetkovitost, plošné tváření, PFMEA, ERP

ABSTRACT

This thesis addresses the analysis and minimization of metal waste generated during the production of connecting components by sheet metal forming. The aim is to identify and quantify three main types of waste – technical, setup, and testing scrap and to integrate this data into an ERP system for better tracking and management. The work further conducts a detailed analysis of scrap and proposes strategies for its reduction. The approach to problem-solving involves the application of Lean management principles, which are used to identify sources of waste and optimize manufacturing processes. The results of this study offer practical suggestions for improving production efficiency and reducing material waste, positively impacting costs and sustainability of manufacturing.

Keywords: Steel scrap, scrap rate, scrap, flat forming, PFMEA, ERP

Poděkování:

Tímto děkuji Fakultě technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně za možnost studovat právě na této škole. Dále chci poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za velkou pomoc a připomínky, které mi k práci poskytl. Rovněž děkuji Ing. Dušanovi Muzikantovi, který vedl moji práci ve firmě a naučil mě mnoha praktickým věcem a rovněž mi předal mnoho svých zkušeností. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům, kteří mě vždy při studiu podporovali.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ ZA STUDENA	12
1.1 PLOŠNÉ TVÁŘENÍ.....	13
1.1.1 Stříhání	13
1.1.2 Proces ohýbání	14
1.1.3 Tažení	14
2 POPIS LEAN METOD A ATOMOBILOVÝCH STANDARDŮ	17
2.1 METODA 5S.....	17
2.2 FMEA.....	18
2.2.1 DFMEA.....	19
2.2.2 PFMEA	20
2.3 DOBA CYKLU VS DOBA TAKTU	22
2.4 VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROCESU	23
2.5 OEE	24
2.6 ISHIKAWA DIAGRAM.....	25
2.7 METODA 5 × PROČ.....	26
3 KOVOVÝ ODPAD	27
4 SYSTÉMOVÉ MOŽNOSTI V SYSTÉMU ERP	29
4.1 MRP, ERP	29
4.2 DYNAMICS 365.....	29
4.2.1 Prodej a marketing	29
4.2.2 Zákaznická podpora	29
4.2.3 Finance	30
4.2.4 Řízení dodavatelského řetězce	30
4.3 DYNAMICS 365 VS SAP.....	31
4.4 MOŽNOSTI NASTAVENÍ ODPADU V D365	32
5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	37
6 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	38
7 POPIS VÝROBNÍHO PORTFOLIA	39
8 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU	40
8.1 SYSTÉMOVÉ NASTAVENÍ ODPADU V ERP	40
9 TEORETICKÁ ANALÝZA ODPADU PŘI VÝROBĚ	43
9.1 SKUPINA VÝROBKŮ	43

9.2	PRODUKT PID	44
9.2.1	Odpadní množství	46
9.3	PRODUKT RGF	49
9.3.1	Odpadní množství	51
10	PRAKTICKÁ ANALÝZA ODPADU PŘI VÝROBĚ.....	55
10.1	ANALÝZA SPONY PID.....	55
10.2	ANALÝZA SPONY RGF	57
10.3	VARIABILNÍ ODPAD ANALYZOVANÝCH PRODUKTŮ	58
10.4	OEE	58
10.4.1	OEE PID.....	58
10.4.2	OEE linky na děrování, stříh a profilování RGF.....	59
10.5	PROCESNÍ VÝVOJOVÝ DIAGRAM PŘI VÝROBĚ SPONY PID	60
10.6	PFMEA PID	63
10.7	PROCESNÍ VÝVOJOVÝ DIAGRAM LINKY NA DĚROVÁNÍ, STŘIH A PROFILOVÁNÍ RGF.	64
10.8	PFMEA PRO VÝROBU PŘÍSTŘIHU RGF	66
11	PRAKTICKÁ ANALÝZA KOŘENOVÝCH PŘÍČIN NOK KUSŮ.....	68
11.1	PPV – OTISKOVÁ VADA.....	69
11.1.1	Diagram Ishikawa	69
11.1.2	Metoda 5 × Proč spony PPV	71
11.2	VUR – PRASKLINA.....	72
11.2.1	Diagram Ishikawa	73
11.2.2	Metoda 5 × Proč spony VUR.....	75
12	REVIZE PFMEA	76
12.1	OTISK VUR.....	76
12.2	PRASKLINA VUR	77
13	NÁVRH PROCESNÍCH ÚPRAV PRO ELIMINACI ODPADU A ZMETKOVITOSTI	78
13.1	PID	78
13.2	RGF	78
13.3	PPV.....	80
13.4	VUR	81
14	NÁVRH ÚPRAVY SYSTÉMOVÝCH DAT PRO KOVOVÝ ODPAD.....	83
15	FINANČNÍ VYHODNOCENÍ ÚPRAV PRO CENU VÝROBKU.....	85
15.1	NOVÉ NASTAVENÍ ODPADU V ERP	85
15.2	KALKULACE NAVRHOVANÝCH PROCESNÍCH ZMĚN PRO ELIMINACI ODPADU NEBO ZMETKOVITOST.	86

ZÁVĚR	88
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	90
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	93
SEZNAM OBRÁZKŮ	95
SEZNAM TABULEK.....	97
SEZNAM PŘÍLOH.....	98

ÚVOD

Výroba kovových spojovacích komponentů představuje klíčový průmyslový proces se širokým uplatněním ve strojírenství, automobilovém průmyslu a stavebnictví. Tento proces je však často spojen s vysokým množstvím odpadu, což představuje značné technické a ekonomické výzvy, zvláště ve světle narůstajících požadavků na udržitelnost a efektivitu. Zejména odpad z plošného tváření, jako je stříhání, ohýbání a tažení, může vést k významným materiálovým ztrátám, které je nutné řídit a minimalizovat.

Cílem této diplomové práce je provést důkladnou analýzu odpadního množství oceli a zmetkovitosti při výrobě kovových spojovacích komponentů, identifikovat klíčové zdroje plýtvání a navrhnout efektivní řešení pro jejich redukci. Tato studie se zaměřuje na kvantifikaci technického, nastavovacího a testovacího odpadu a na jeho integraci do systému podnikových zdrojů (ERP) s cílem zlepšit monitorování a řízení procesů.

Klíčovým aspektem této práce je rovněž revize Procesního Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA). Tato metoda, která je součástí širšího využití Lean metod, slouží k identifikaci potenciálních míst selhání ve výrobních procesech a k nastavení priorit při jejich řešení. V rámci diplomové práce je PFMEA použito k systematickému posouzení rizik spojených s produkcí odpadu a zmetků a k formulaci návrhů na zlepšení procesních nastavení, které povedou k výraznému snížení nekvalitních výstupů.

Struktura práce je rozdělena do dvou hlavních částí: teoretické a praktické. V teoretické části je poskytnut přehled technologií tváření za studena a popis různých Lean metod a automobilových standardů, včetně podrobného pohledu na PFMEA a další nástroje jako Ishikawa diagramy a OEE. Dále se zabývá systémovým nastavením odpadu v ERP. Praktická část se pak věnuje konkrétní analýze výrobního portfolia a předkládá teoretickou i praktickou analýzu odpadu a návrhy na jeho redukci.

Tato práce přináší nové pohledy na efektivní řízení výrobních procesů s využitím moderních metod řízení kvality a výroby a nabízí praktické návrhy pro průmyslové aplikace s cílem zlepšit ekonomickou efektivitu a snížit environmentální dopady výroby.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ ZA STUDENA

Technologie tváření za studena je technologií, při které nedochází k úběru třísky. Dochází ke změně materiálu pod rekrystalizační teplotou daného materiálu. Vlastnosti materiálu před tvářením a po tvářením jsou rozdílné. Po tvářením dochází ke zpevnění materiálu. Zvětšuje se pevnost v tahu a tvrdost, zmenšuje se houževnatost a tažnost. Tváření za studena se rozděluje na plošné a objemové. To se dále rozděluje na technologie. Pro plošné jsou to stříhání, ohýbání, tažení a tlačení. Pro objemové tváření jsou to kování, válcování, protlačování a tažení. Obr. 1. znázorňuje toto rozdělení.



Obr. 1.: Základní rozdělení procesu tváření [1]

Při zatížení tělesa vnějšími silami dochází k plastické deformaci. Přestává platit Hookův zákon, a proto dochází k nevratné změně tvaru tělesa po odlehčení zatížení. Realizace plastických deformací se provádí pohybem dislokací [1].

Důležitou technologickou vlastností materiálu je tvářitelnost a s tím spojená tvárnost, což je schopnost trvale měnit při působení vnějších sil svůj tvar, aniž by došlo k trvalému porušení tělesa. Pokud má materiál nízkou hodnotu tvářitelnosti, může u procesu hlubokotažného tváření dojít k vyčerpání plasticity a tím dojde k porušení materiálu. Nejznámější zkouškou hluboko tažnosti plechu je zkouška hloubení podle Erichsena [2].

Pro hodnocení technologické tvářitelnosti součástí z plechu, k odhadu výskytů prasklin a ke korekci tvářecích postupů se využívají FLD (Forming Limit Diagram) diagramy. Je to graf závislosti hlavního přetvoření na vedlejším přetvoření [3].

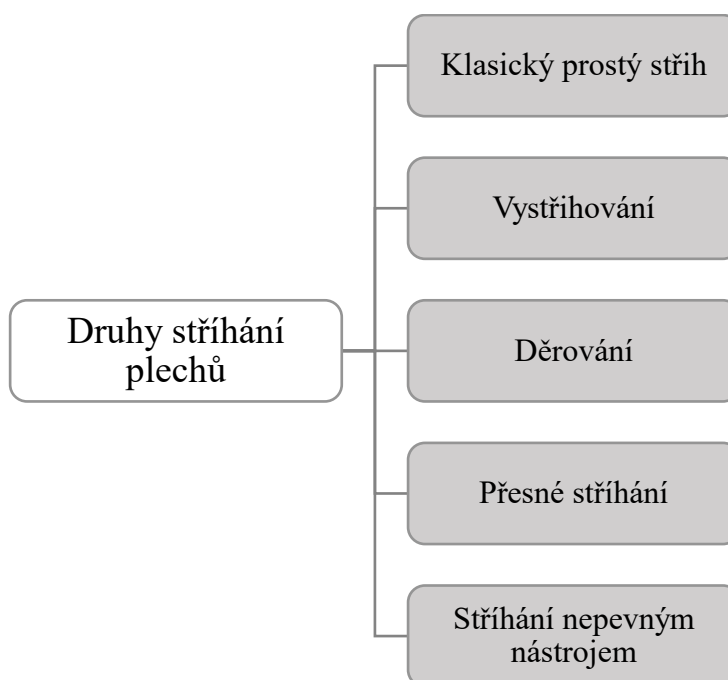
1.1 Plošné tváření

Výlisky jsou součásti vyráběné plošným tvářením. Mohou být jak velmi malé, tak i velkoplošné. Nízká hmotnost, dostatečná pevnost a tuhost jsou hlavními znaky těchto výrobků. Polotovary využívané v tomto odvětví jsou plechy, tenkostěnné profily (tyče) a trubky [4].

Při plošném tváření dochází k deformaci s porušením soudružnosti materiálu (stříh) anebo k deformaci tvárné, bez porušení soudružnosti [4].

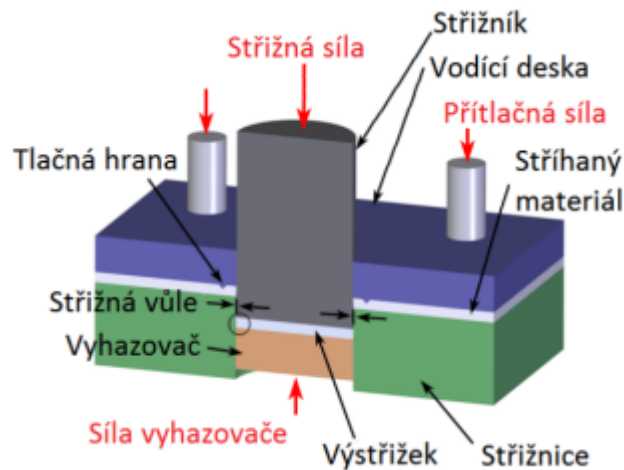
1.1.1 Stříhání

Proces dělení, u kterého vnikne horní a spodní břit nože do stříhaného materiálu. Velikost střížné mezery určuje kvalitu střížné plochy. Mezi druhy stříhání plechů patří klasický prostý stříh, vystřihování, děrování, přesné stříhání a stříhání nepevným nástrojem. Rozdělení je znázorněno na Obr. 2. [4].



Obr. 2.: Druhy stříhání plechů [4]

Přesné stříhání slouží k výrobě velmi přesných výstřížků nebo otvorů. K dalšímu opracování už nedochází [4].



Obr. 3.: Princip přesného stříhání [4]

1.1.2 Proces ohýbání

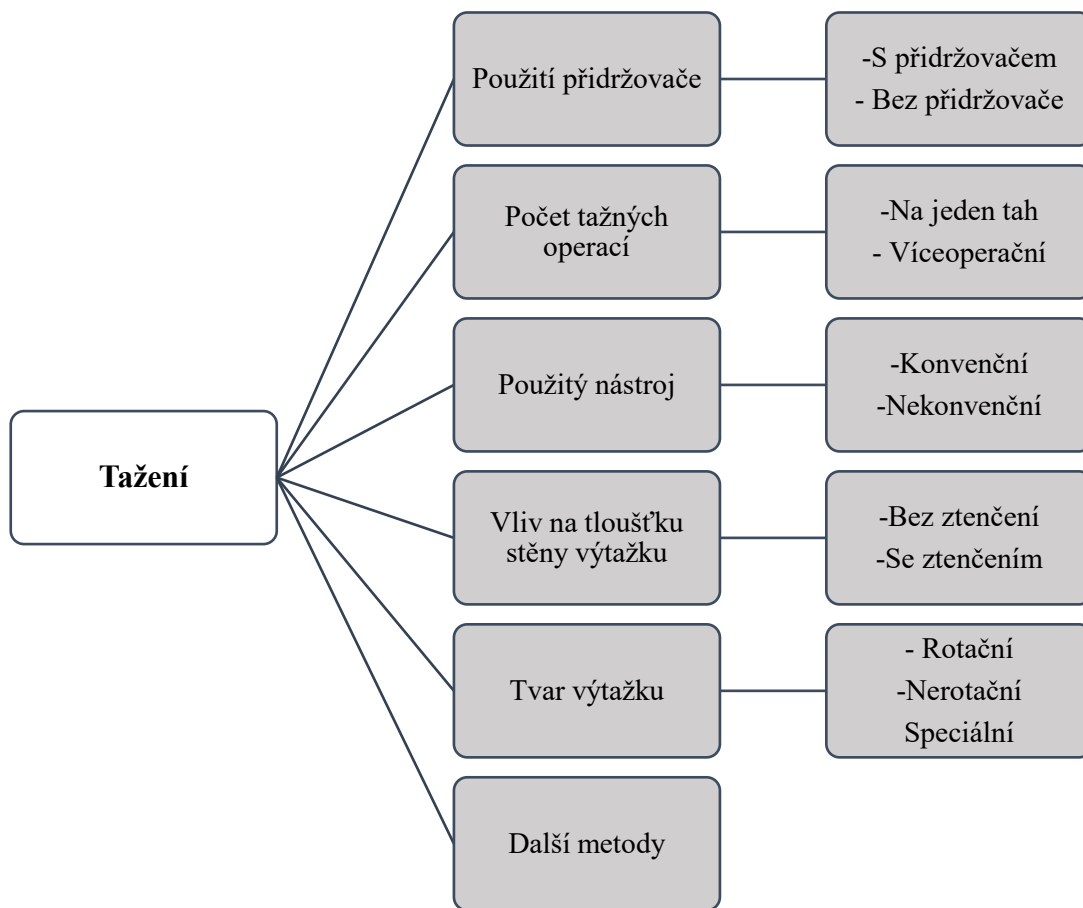
Materiál je trvale deformován a je dosaženo požadované změny tvaru. Změna průřezu je zanedbatelná. Ohybové napětí je nad mezí kluzu. V Tab. 1. jsou uvedeny způsoby ohýbání plechů a jejich vlastnosti. [4].

Tab. 1.: Způsoby ohýbání [4]

Způsoby ohýbání plechů	
Prosté ohýbání	Dílce menších rozměrů. Ohyb tvaru U a V.
Sdružená ohýbadla	Kombinace ohybu, děrování a vystřížení.
Kalibrace	Zpřesňuje poloměr.
Ohraňování	Tváření pásů plechu do tvaru profilu.
Lemování	Ohýbání za účelem zaoblení ostrých hran a zpevnění okrajů.
Rovnění	Ruční nebo strojní. Rovnění tabulí či pásů.

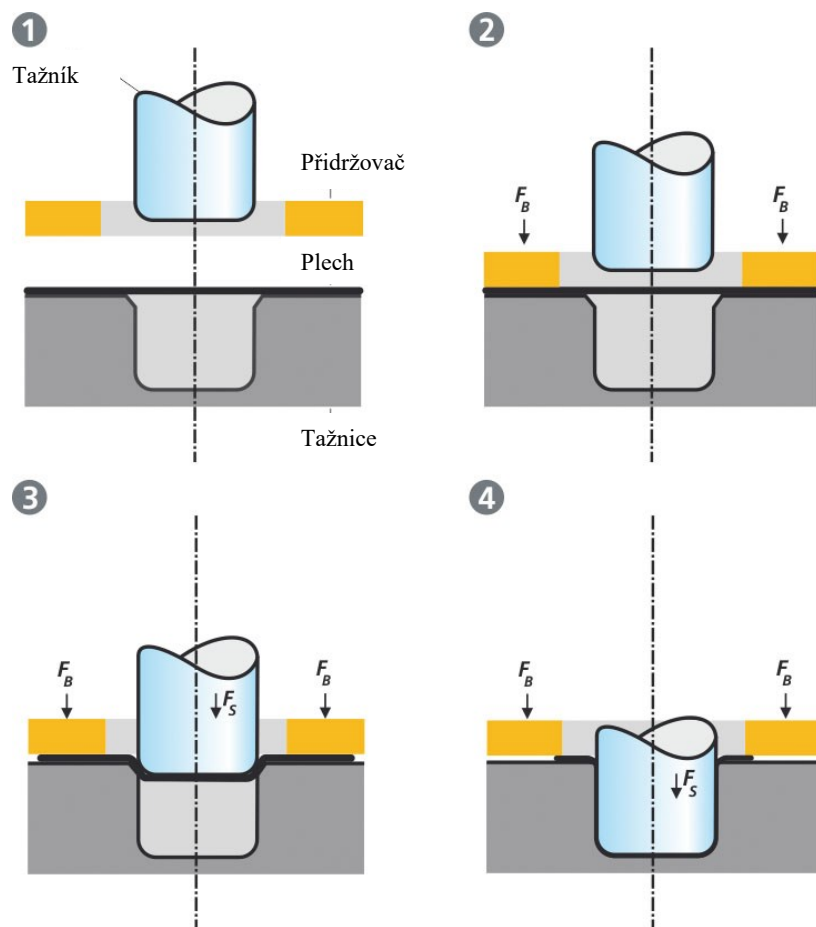
1.1.3 Tažení

Dochází k trvalému přetvoření výchozího polotovaru. Tažení je závislé na několika parametrech jako jsou mechanické vlastnosti materiálu, jakost povrchu plechu, tloušťka plechu a mazivo. Pokud je tloušťka plechu větší a použité mazivo má vysokou kvalitu, tak koeficient tažení dosahuje nízkých hodnot. Tento proces je jeden z nejnámějších při tváření plechů. Nejvíce se uplatňuje v automobilovém průmyslu. Na Obr. 4. je rozdělení tažení dle mnoha kritérií, jako je s použitím přidržovače, podle počtu tažných operací a tak dále [4],[5].



Obr. 4.: Rozdělení technologie tažení dle různých parametrů [5]

Na Obr. 5. je proces hlubokého tažení. Nástrojem je tažidlo, které se skládá z tažníku, tažnice a většinou přídržovače. Při tažení vznikají vlny, proto ve většině případů je nástroj opatřen přídržovačem, který brání vzniku vln. Celková síla přídržovače je součinem měrného tlaku a činné plochy přídržovače. Na obrázku jsou 4 kroky tažení. V prvním kroku je plech upnut mezi tažník a tažnici tak, že dosedá na spodní část lisu. Při kroku dva dosedne přídržovač k plechu tak, aby při tvarování nevznikaly zmíněné vlny. U třetího kroku dochází k procesu tažení. V posledním kroku lze vidět uzavřené tažidlo, díky čemuž se vytvoří požadovaný tvar plechu [5].



Obr. 5.: Proces hlubokého tažení [5]

2 POPIS LEAN METOD A ATOMOBILOVÝCH STANDARDŮ

Lean je souhrn metod, díky kterým se řeší problémy externích a interních zákazníků. Díky tomu dochází k lepší produktivitě, efektivitě a kvalitě výrobních procesů. Lean myšlení je důležitým pomocníkem pro optimalizaci výroby. Nutností pro správně vedenou výrobu je porozumění svým zákazníkům a hodnotám vyráběných produktů. Hodnotami je myšleno vše, za co zákazník platí. [6]

Známým protivníkem této metody je takzvaný „fake lean“. Je to nesprávně prováděný lean, který může mít tyto parametry [6].:

- K zeštíhlování procesů pomůže propouštění pracovníků.
- Nesprávné vysvětlení standardu svým pracovníkům.
- Strach pracovníků identifikovat a sdílet problémy z důvodu možného postihu.

Lean myšlení bylo jako první zavedeno v Japonsku ve společnosti Toyota. Ta definovala tři hlavní aktéry problémů [6].:

1. Plýtvání (Muda) – nadměrná výroba produktu, zmetkovitost, zbytečný transport, čekání (nečinný stroj nebo operátor, dlouhý čas kooperací vyráběných položek), zbytečný pohyb (hledání dílů a přípravků, chůze operátora), nadbytečné činnosti a zbytečně velký objem zásob.
2. Nerovnoměrnost (Mura) – nerovnoměrný plán výroby, špatné rozmístění teamleaderů, pracovníků a mistrů, špatně rozvržené výrobní směny, špatně rozdělená práce mezi operátory, kdy práce operátora závisí na druhém operátorovi, přičemž jeden z nich má složitější operaci, která zabere větší časový cyklus, než má druhý (zbytečný prostoj).
3. Přetíženost (Muri) – přetížení pracoviště, složitost pracovních postupů, nečistota pracovišť, stres a hluk.

2.1 Metoda 5S

Metoda 5S spadá pod štíhlou výrobu. Je to nástroj zaměřený na eliminaci plýtvání v rámci výrobního provozu. Každé „S“ znamená japonské slovo [7].

1. **Seiri** – vyřazení nepotřebných předmětů z pracoviště a identifikace toho, co je skutečně nutné. Cílem je odstranit zbytečné položky a zajistit, že na pracovišti jsou pouze nezbytné věci.
2. **Seiton** – uspořádání pracoviště tak, aby věci byly snadno dostupné. Každá položka by měla mít své místo a být snadno identifikovatelná.
3. **Seiso** – důkladné čištění pracoviště, včetně odstranění nečistot a odpadků. Cílem je udržovat čisté a bezpečné pracovní prostředí.
4. **Seiketsu** – stanovení standardů pro 5S a jejich dodržování. Zajišťuje, že třídění, uspořádání a čištění jsou pravidelně prováděny a udržují se na správné úrovni.
5. **Shitsuke** – udržování a zlepšování postupů 5S jako trvalé součásti firemní kultury. Tato fáze zdůrazňuje důležitost udržování vytvořených standardů a neustálého zlepšování [7].



Obr. 6.: Metoda 5S [7]

2.2 FMEA

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) neboli analýza způsobu poruch a účinků poruch je systematický přístup k rozpoznání a vyhodnocení potenciálních selhání systémů, produktů nebo procesů. Identifikace těchto selhání pomáhá vývojářům produktů eliminovat nebo zmírnit dopad selhání [8], [9].

Nejpoužívanějšími a nejvlivnějšími organizacemi v celosvětovém automobilovém průmyslu v použití FMEA jsou AIAG, VDA a SAE. Tyto společnosti vydali vlastní příručky FMEA podle, kterých se řídí většina společností [8].

2.2.1 DFMEA

Design Failure Mode and Effect Analysis (DFMEA) neboli analýza způsobů a následků selhání návrhů je metoda v oblasti řízení kvality a bezpečnosti. Slouží k identifikaci potenciálních chyb ve fázi návrhu výrobku nebo návrhu procesu a posouzení možných dopadů na výkon, spolehlivost a bezpečnost.

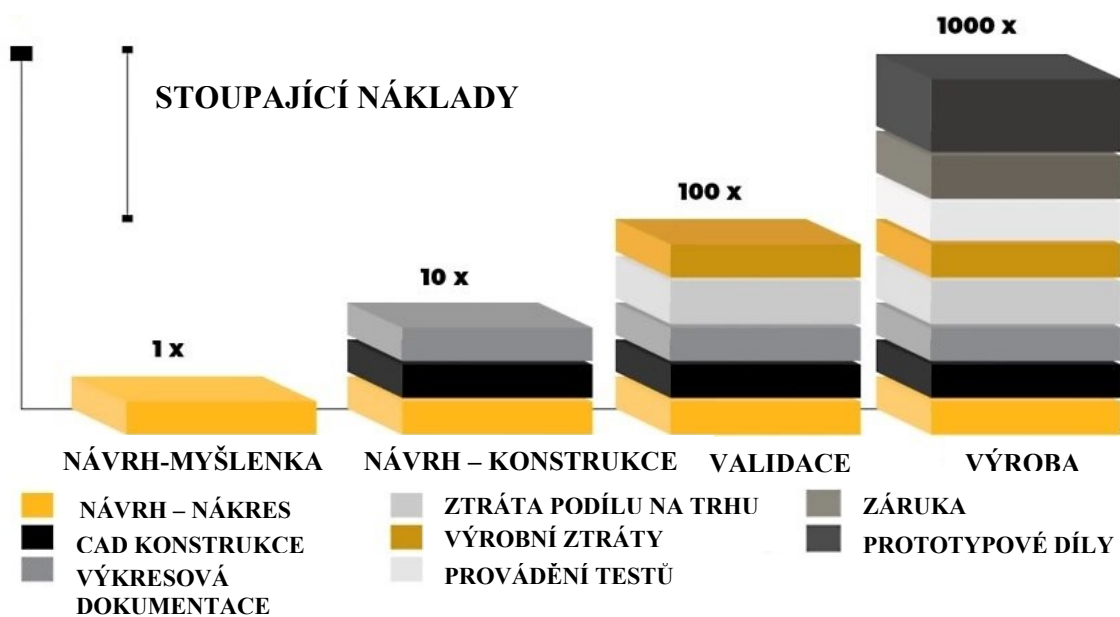
Důležitými otázkami při tvorbě DFMEA jsou [9]:

- co by se mohlo při návrhu produktu pokazit?
- Jaké jsou důsledky konkrétního typu selhání?
- Jak se tato selhání zjistí?
- Jak se můžou zmírnit dopady selhání a zvýšit spolehlivost nebo bezpečnost produktu?
- Jak těmto selháním lze předejít?

DFMEA pomáhá lépe pochopit potenciální způsoby návrhu už v rané fázi vývoje. Primárním cílem je detekce potenciálních poruch ovlivňující spolehlivost nebo bezpečnost před uvedením do výroby [9].

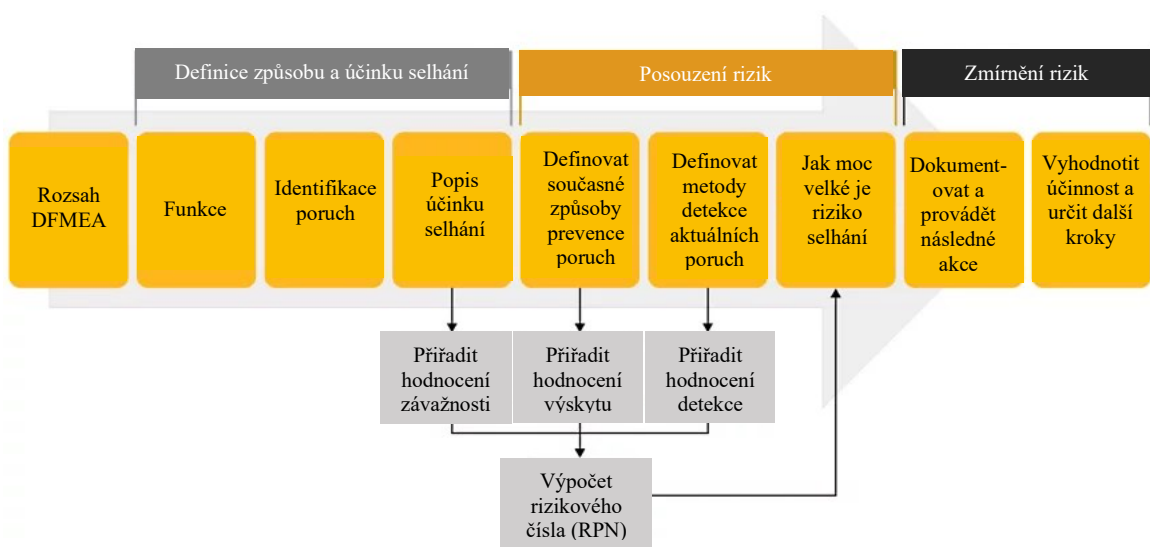
Pro představu, pokud se v rané fázi zjistí potenciální porucha, je možné ji zabránit pomocí daleko nižších prostředků než ve fázi výroby.

Na Obr. 7. je uveden rozpad financí při řešení těchto problémů, kdy náklady na spojené s těmito poruchami rostou exponenciálním způsobem [9].



Obr. 7.: Finanční dopad při řešení nespolehlivosti produktu při jeho životním cyklu [9]

Základními procesy každého DFMEA je definice způsobu a účinku selhání, posouzení rizik a zmírnění rizik. Na Obr. 8. jsou tyto procesy rozvedené. Znázorňují všechna kritéria, která musí každé DFMEA zahrnovat [10].



Obr. 8.: Procesy DFMEA [9]

2.2.2 PFMEA

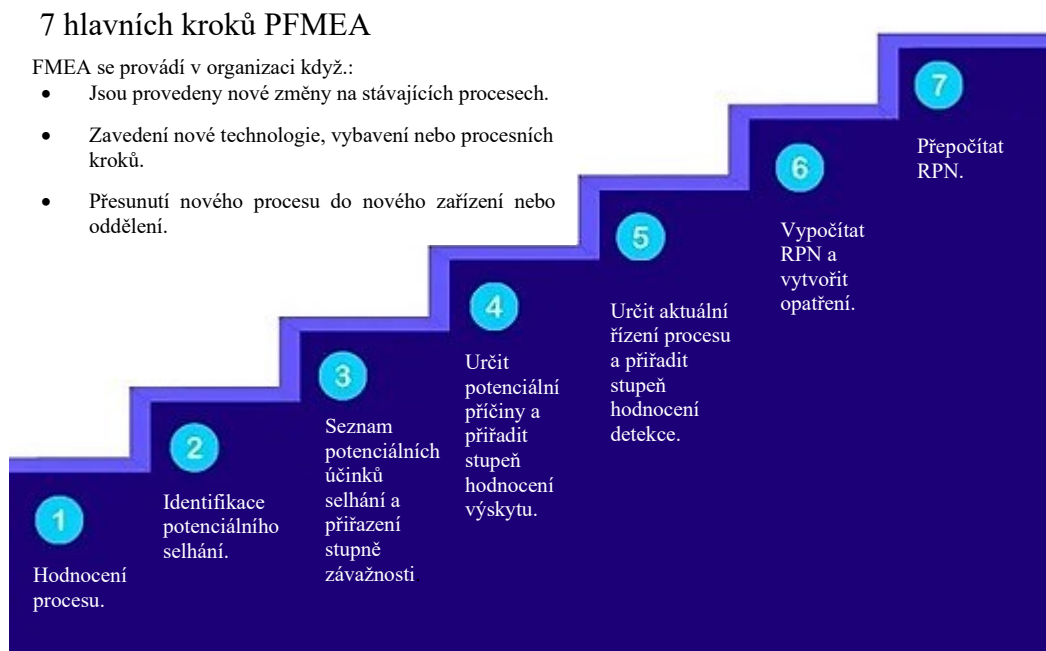
Process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA) v překladu je to analýza způsobu a následků selhání procesů. PFMEA rozdělí výrobní proces na jednotlivé kroky a metodicky je prozkoumá z hlediska potenciálních rizik nebo poruch. Je to pomůcka ke zlepšení procesů

a používají ji výrobní a procesní inženýři k identifikaci a analýze potenciálních selhání procesů [10].

PFMEA se provádí, když ve společnosti dojde:

- jsou provedeny změny na stávajících procesech.
- Jsou zavedeny nové technologie, zařízení nebo procesní kroky.
- Implementace procesu do nového zařízení nebo oddělení.

Podle vědeckého článku „Safeculture“ byla implementace PFMEA shrnuta v sedmi krocích, což je poukázáno na Obr. 9. [10].



Obr. 9.: Sedm kroků PFMEA [10]

1. Hodnocení procesu

Při zahájení PFMEA je nutné určit o jaké hodnocení se jedná. Jestli to je obchodní proces, servisní proces nebo výrobní. Pokud je oblast zaměření známá, může se začít s procházením jednotlivých kroků. U nich se určí jednotlivé cíle. Čeho má daný krok dosáhnout. K tomu se využívá vývojový diagram produktu [10].

2. Identifikace potenciálního selhání

Jedná se o scénáře, ke kterým může během procesu dojít. Příkladem takového scénáře může být u pásových dopravníků to, že produkty mohou sklouznout a rozbít se [10].

3. Seznam potenciálních účinků selhání a přiřazení stupně závažnosti

Jaký je výsledek, pokud by došlo k identifikovanému potenciálnímu selhání? Musí se zvážit dopad na zákazníky, pracovníky, životní prostředí, zařízení, a dokonce i na samotný proces. Je dobré si proto sepsat tyto dopady co nejpodrobněji a ohodnotit jejich **závažnost** stupnicí 1–10, kdy 10 je největší riziko [10].

4. Určit potenciální příčiny a přiřadit stupeň hodnocení výskytu.

Co by mohlo být spouštěčem potenciálního selhání. Příkladem by bylo, kdyby k úrazu zaměstnance došlo v důsledku špatného osobního ochranného pracovního prostředí (OOPP) nebo kvůli poruše stroje. Poté se přiřadí rovněž hodnocení, jaká je pravděpodobnost **výskytu**, že se tohle mohlo stát [10].

5. Určit aktuální řízení procesu a přiřadit stupeň hodnocení detekce.

Jedná se o to, že v ideálním případě budou mít procesní kroky zavedena ochranná opatření. U hodnocení detekce bude záležet na tom, jak snadno bude režim selhání detekován pomocí aktuálních ovládacích prvků [10].

6. Vypočítat RPN a vytvořit opatření

Při výpočtu Risk Priority Number (RPN) neboli úrovně rizika je proces vyhodnocen a je mu přiřazeno skóre na stupnici 1–10 a poté se vzájemně vynásobí [10].

$$\text{RPN} = \text{závažnost (Z)} * \text{výskyt (V)} * \text{detekce (D)} \quad (1)$$

2.3 Doba cyklu vs doba taktu

V podstatě je doba cyklu časový úsek, za který uběhne dokončení jednoho cyklu výrobního procesu. Bývá to průměrná hodnota z měření, uváděná v sekundách nebo minutách. Jeden cyklus výrobního procesu je časový interval práce potřebné na dokončení jednoho produktu nebo polotovaru [11].

$$\text{doba cyklu} = \frac{\text{Doba potřebná na výrobu}}{\text{Počet vyrobených kusů}} \quad (2)$$

Doba taktu je oproti tomu doba, za kterou musí být výrobce schopen vyrobit produkt, aby uspokojil poptávku zákazníků. Pokud firma nemůže splnit dobu výroby produktu, kterou zákazník požaduje, musí hledat řešení, jak vyjít zákazníkovi vstříc. Zpravidla je to snaha proces zrychlit anebo koupit novou technologii [12].

$$\text{doba taktu} = \frac{\text{Dostupný čas technologie}}{\text{Požadavek zákazníka}} \quad (3)$$

Dostupným časem technologie je myšlen například čas na jednu směnu. Tedy 8 hodin převedeno na minuty s tím, že se musí počítat s pauzami. Požadavek zákazníka je počet kusů, které by chtěl vyrobit během nějakého časového úseku, například za jednu směnu. Pro potřebu zákazníka je nutné, aby doba cyklu byla menší nebo rovno době taktu [11],[12].

2.4 Vývojový diagram procesu

Vývojový diagram je schéma jednotlivých kroků procesů v postupném pořadí. Je běžným nástrojem pro analýzu procesů. Je to posloupnost akcí, materiálu nebo služeb, které vstupují do procesu nebo jej opouštějí, rozhodnutí, která je třeba učinit, lidé, kteří se zapojí a čas potřebný v každém kroku [13].

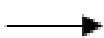
Vývojový diagram se používá [13]:

- ke snaze o porozumění, jak se proces provádí.
- Ke studii procesu a jeho následnému zlepšování.
- Pro lepší komunikaci mezi lidmi zapojenými do stejného procesu.
- K dokumentaci procesu.
- Při plánování projektu.

Použité symboly při vytváření diagramu.:



Jeden krok v procesu. Krok je napsán uvnitř pole. Obvykle z krabice vyjde pouze jedna šipka.



Směr toku od jednoho kroku nebo rozhodnutí k druhému.



Rozhodnutí na základě otázky. Otázka je vepsána do diamantu. Z kosočtverce vychází více než jedna šipka, z nichž každá ukazuje směr, kterým se proces ubírá pro danou odpověď na otázku. (Často jsou odpovědi "ano" a "ne".)



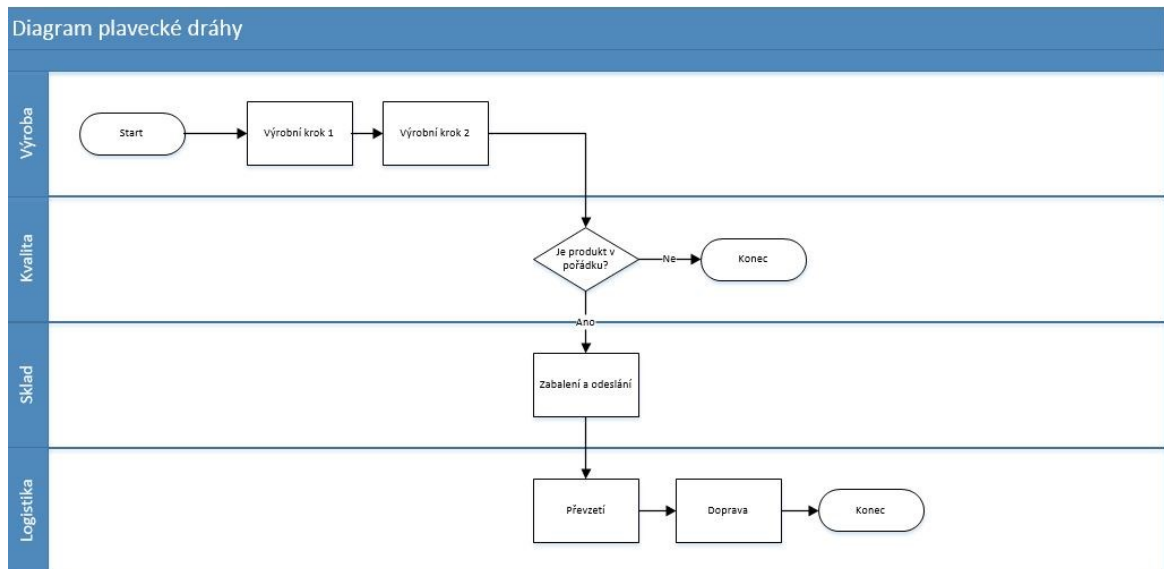
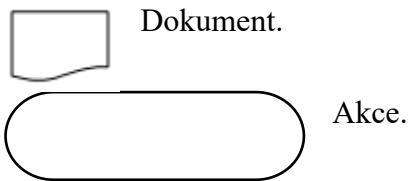
Odložit nebo počkat.



Odkaz na jinou stránku nebo jiný vývojový diagram. Stejný symbol na druhé stránce označuje, že tok pokračuje tam.



Vstup nebo výstup.



Obr. 10.: Příklad vývojového diagramu „plavecké dráhy“ [14]

Na Obr. 10. je jednoduchý příklad vývojového diagramu se zmíněnými použitými symboly.

2.5 OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) znamená celková efektivita zařízení. Je to nástroj používaný pro měření produktivity výroby. Je základním konceptem štíhlé výroby, určuje výkon pro jakoukoli výrobu. OEE monitoruje, hodnotí a zlepšuje efektivitu výrobního procesu [15].

Třemi základními kategoriemi OEE jsou dostupnost, výkon a kvalita. Ukazuje, jak efektivně se využívá výrobní zařízení a jak kvalitní vyráběné zboží je [15].

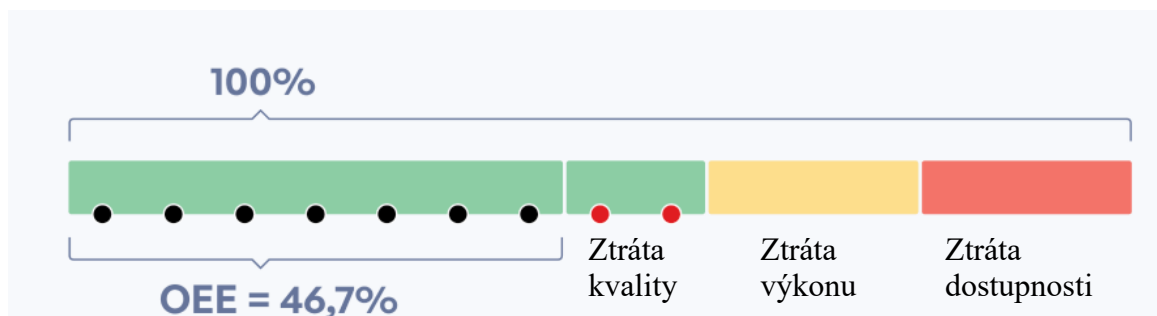
Dostupností je myšleno, jak často je zařízení dostupné pro výrobu. Musí se brát s ohledem na plánované i neplánované odstávky zařízení. Tím jsou myšlené údržby stroje, anebo jeho poruchy [15].

Výkon je jednotkou efektivitu zařízení. Ukazuje tedy jak efektivně zařízení pracuje, když je dostupné. Ztráty výkonu se charakterizují jako mikro zastavení a pomalé cykly [15].

Kvalita udává zmetkovitost neboli NOK kusy. Jak velký je podíl výrobku splňující kvalitní standarty. K těmto zmetkům ještě patří nastavovací kusy. Tyto kusy se vyrábí od spuštění zakázky až po stabilní výrobu. Tato doba může být známa jako „zahřívací cyklus“ [15].

$$\text{OEE} = \text{dostupnost} * \text{výkon} * \text{kvalita} \quad (4)$$

Každý ze tří faktorů je vyjádřen jako podíl v procentech a násobí se spolu. Celková účinnost je tedy hodnota, kdy hodnota OEE = 100 % značí, že je zařízení plně dostupné, pracuje na plný výkon a produkuje pouze kvalitní výrobky [15].



Obr. 11.: OEE [15]

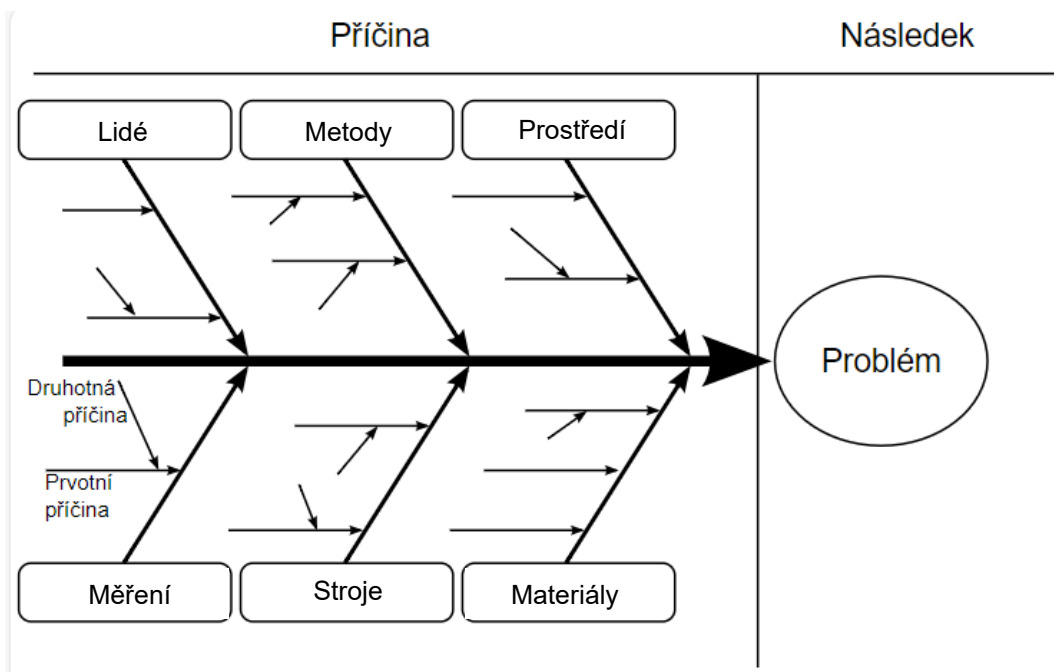
2.6 Ishikawa diagram

Také znám jako diagram příčiny a následků. Diagram se podobá rybí kosti. Používá se pro identifikaci a vizualizaci možných příčin konkrétního problému nebo nedostatků ve výrobním procesu.

Hlavou diagramu je zkoumaný problém a hlavními kategoriemi problému jsou většinou metody, stroje, lidé, materiály, měření a životní prostředí [17].

Ishikawa diagram je pomocníkem pro týmy. Výstupem je systematické přemýšlení o možných příčinách problémů a jejich odstranění.

Na Obr. 12. je znázorněna šablona diagramu Ishikawa [17].

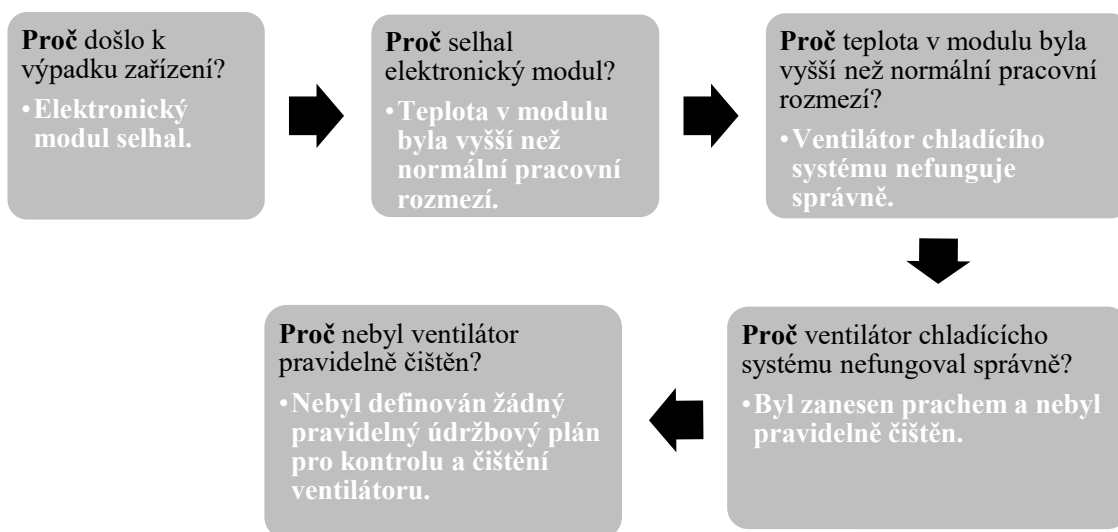


Obr. 12.: Šablona Ishikawa diagramu [17]

2.7 Metoda 5 × proč

Metoda 5× why neboli 5× proč je jedna z technik Lean metod. Metoda pomáhá k analýze problémů a jejich možných řešení. Princip spočívá v opakovaném kladení otázky „Proč?“ až do té doby, než je identifikovaná kořenová příčina problému [13].

Na Obr. 13. je příklad použití 5× proč. Zkoumaným problémem je výpadek automatického zařízení na výrobu komponentů.



Obr. 13.: Příklad použití 5× proč

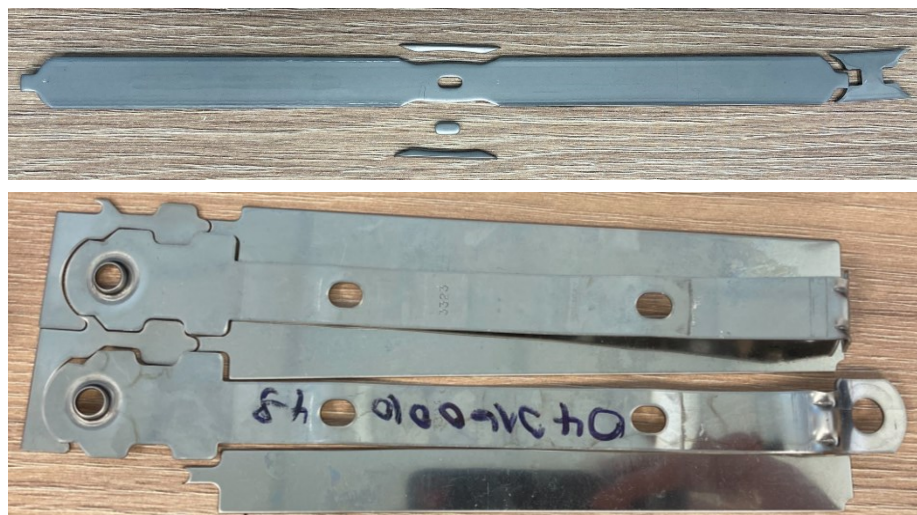
3 KOVOVÝ ODPAD

Ocelový šrot neboli kovový odpad, je recyklovatelný materiál, který je schopný nahrazovat železnou rudu jako surovinu pro výrobu oceli. Podíl výroby oceli v EU se odhaduje na přibližně 54 % ze šrotu. Naopak v Japonsku je to pouze 20 % [18].

Ocel je základním materiálem společnosti, a proto je jeho šrot velmi důležitý pro snížení dopadu na životní prostředí.

Pro plošné tváření se tento kovový odpad vyskytuje v těchto třech skupinách.:

1. **Technický odpad** je odpad v podobě odstříhů. Je to typ odpadu, který nelze ovlivnit operátorem výroby. A vždy se s ním musí počítat. Na Obr. 14. se nachází přístřihy s jejich technickým odpadem [19].



Obr. 14.: Přístřihy produktů s jejich technickým odpadem.

2. **Nastavovací a testovací odpad** je odpad v podobě nastavovacích kusů. Jsou to i vzorky, které odchází na kontrolu kvality. Je v omezené míře ovlivněn pracovníkem a procesem. Na Obr. 15. je znázorněn tento typ odpadu u nastavovacích kusů v podobě ocelové pásoviny, kterou bylo nutné ustříhnout z důvodu nastavení ražby, střížné délky apod. Anebo jsou to kusy, které byly testovány na pevnost svaru [19].



Obr. 15.: Nastavovací a testovací odpad [19]

Oba tyto typy se řadí do plánovaného odpadu.

3. **Neplánovaný odpad** je známý jako zmetek (NOK kus). Ve výrobním segmentu vzniká zmetek chybami, poruchami, poškozením, špatným výkonem údržby, nemotivovanou pracovní silou, špatným řízením kvality, špatným designem apod. [19], [20].

Náklady spojené s recyklací mohou být ohromující. Neexistuje žádný způsob, aby se vzniku odpadu zabránilo, a proto je jeho recyklace nejlepším východiskem [20].

4 SYSTÉMOVÉ MOŽNOSTI V SYSTÉMU ERP

4.1 MRP, ERP

Material requirements planning (MRP) je softwarový program, který se od 60. let minulého století používá v každé větší strojírenské firmě pro plánování výroby. Byl zaveden z důvodu lepší efektivity a díky tomu lepších zisků. Tento systém je schopný identifikovat potřebné materiály, odhaduje množství, řídí načasování dodávek a díky tomu je schopný uspokojit požadavky zákazníka a zlepšit produktivitu výroby [21].

Enterprise resource planning (ERP) je nadstavbou MRP. Rozdílem je že ERP také zahrnuje zároveň prodej, finance a řízení lidských zdrojů. MRP je vlastně konkrétní modul ERP. ERP jsou užitečné pro podniky v každém odvětví, zatímco MRP používají výrobní společnosti, které vyžadují řízení zdrojů [22].

Pro firmu NORMA Czech je tímto ERP, který zahrnuje zároveň MRP systém Dynamics 365 od společnosti Microsoft.

4.2 Dynamics 365

Dynamics 365, zkráceně D365 je cloudová obchodní aplikace od společnosti Microsoft. Je to aplikace, která pomáhá společnostem zlepšit provozní efektivitu a kontrolu nákladů. Tento systém zahrnuje aplikace pro prodej, marketing, řízení služeb zákazníkům, finance a řízení dodavatelství. Dynamics 365 je využíván známými společnostmi jako je Phillips, HP, Coca-Cola a další [23], [24].

Nejdůležitějšími moduly jsou prodej a marketing, zákaznická podpora, finance a řízení dodavatelského řetězce.

4.2.1 Prodej a marketing

Tento modul poskytuje komplexní pohledy na zákaznickou základnu. Díky tomu mohou podniky zlepšit prodej. Tento modul je schopný pomocí umělé inteligence uzavírat více obchodů a přizpůsobit cesty zákazníkům. Díky umělé inteligenci má prodejce a tým marketingu veliký přehled v reálném čase [23], [24].

4.2.2 Zákaznická podpora

Slouží pro společnosti, které chtějí optimalizovat své servisní operace a poskytovat personalizované služby každému zákazníkovi. Využívá umělou inteligenci jako asistenta

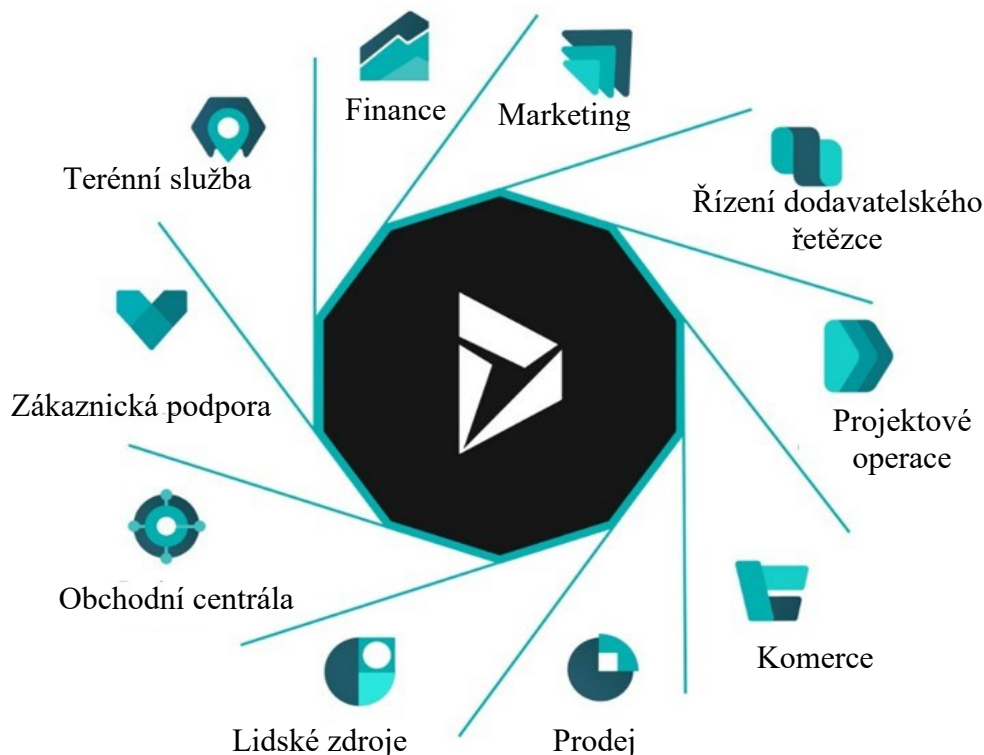
s názvem Copilot. Díky tomu mohou organizace poskytovat samoobslužné funkce svým zákazníkům. Problémy zákazníků jsou tak rychle vyřešeny a velice společně šetří čas [23], [24].

4.2.3 Finance

Modul Finance umožňuje firmám získat větší přehled o financích a využívat reportování v reálném čase. Díky vestavěným analýzám a umělé inteligenci napomáhá společnostem k lepšímu rozhodování. To má za následek automatizaci úloh a tím zlepšení efektivity [23], [24].

4.2.4 Řízení dodavatelského řetězce

Tento nástroj řeší výrobní operace a potřeby digitálního obchodování. Pomáhá manažerům předvídat možné problémy s dodavateli a provádět rychlé úpravy, aby se podnik mohl přizpůsobit měnící se poptávce a zůstal stále ziskový. Tento modul je pomocí umělé inteligence schopný zlepšit celkovou efektivitu zařízení, snížit prostoje, optimalizovat zásoby, eliminovat vyprodání zásob a automatizovat pracovní příkazy a plnění objednávek [24].



Obr. 16.: Moduly D365 [25]

4.3 Dynamics 365 vs SAP

Dynamics 365 a SAP jsou světovými lídry v oblasti systémového řízení podniku (ERP). Podle studií až 95 % společností, které přijaly ERP, zaznamenaly zlepšení svých obchodních procesů. V dnešní době může být ERP použitý i na maloobchody, a nejen pro velké obchodní společnosti. Dynamics 365 a SAP nabízejí podobnou škálu funkcí, liší se ale vlastnostmi, cenami, dobou implementace a možnostmi přizpůsobení [26].

V Tab. 2. jsou uvedeny rozdíly obou aplikací.

Tab. 2.: Microsoft Dynamics 365 vs SAP [26]

Funkce	Microsoft Dynamics 365	SAP
Uživatelské rozhraní	Moderní přívětivé rozhraní s přizpůsobitelnými řídicími panely a pracovními postupy. Stejně funkce i v aplikaci na mobilu a je schopný off-line přístupu.	Poskytuje tradiční grafické uživatelské rozhraní.
Ceny	Model založený na předplatném.	Komplexní cenová struktura založena na modulech, přizpůsobení a uživatelích.
Funkce	Finanční řízení, řízení dodavatelského řetězce, projektové řízení a řízení lidských zdrojů.	Robustní sada funkcí, široká škála nástrojů a zdrojů.
Přizpůsobení	Vysoká úroveň přizpůsobení, velká komunita vývojářů.	Vysoká úroveň přizpůsobení, široká škála nástrojů a zdrojů.
Doba implementace	Rychlá implementace, cloudový systém.	Delší doba implementace vyžaduje hodně přizpůsobení a konfigurace.
Použití	Jednoduché a uživatelsky přívětivé rozhraní, integrovatelné s ostatními produkty Microsoft.	Složitější rozhraní, které vyžaduje hodně školení.
Integrace	Podporuje bezproblémovou integraci aplikací Microsoftu, včetně Office 365 a Outlooku.	Integrace moderních aplikací vyžaduje speciální integrátory.
Moduly a aplikace	Nabízí komplexní sadu modulů a aplikací pro různé podnikové funkce včetně ERP, CRM, HR, prodeje, marketingu a terénních služeb.	Nabízí širokou škálu modulů a aplikací napříč různými obchodními funkcemi, včetně ERP, CRM a finance.

Ceny

Microsoft Dynamics 365 může poskytovat pouze předplatné nezbytných modulů. Díky tomu je cenově dostupný pro všechny typy podniků velkých i malých [26].

SAP naopak nabízí složitější strukturu, která je založena na počtu uživatelů, modulů a požadovaných přizpůsobeních. Z toho důvodu je SAP pro malé podniky nákladný [26].

Funkce

Funkce pro Microsoft Dynamics 365 jsou obsáhlé v předešlé kapitole. Oproti tomu SAP má robustnější sadu funkcí a je známý díky své schopnosti zvládat složité obchodní procesy. Má širokou škálu řešení specifických pro dané odvětví [26].

Přizpůsobení

D365 nabízí svým uživatelům přizpůsobit systém vyhovující jedinečným obchodním potřebám. Tento systém má velikou komunitu vývojářů, kteří mohou uživatelům pomoci s přizpůsobením [26].

SAP umožňuje uživatelům přizpůsobit každý aspekt systému a má velikou škálu nástrojů a zdrojů, které uživatelům pomohou s přizpůsobením. Náklady, časová náročnost a vysoká odbornost jsou ale negativními aspekty při tomto rozhraní [26].

Doba implementace

D365 má rychlou dobu implementace a díky tomu může být spuštěn během několika týdnů od zavedení. Systém je navíc cloudový, což implementaci usnadňuje [26].

SAP má daleko větší dobu implementace a vyžaduje spoustu přizpůsobení a konfigurace [26].

Použití

D365 má snadné uživatelské rozhraní a bezproblémově se integruje s dalšími produkty Microsoft [26].

SAP má složité rozhraní a vyžaduje hodně školení [26].

4.4 Možnosti nastavení odpadu v D365

Dynamics 365 má pro nastavení odpadního množství 2 typy odpadu.

- A. Konstantní odpad – je to množství odpadu, které je vždy stejné pro jednu výrobní sérii bez ohledu na množství vyráběných kusů. Nejčastěji v podobě nastavovacích kusů, s kterými by se vždy při nastavení zakázky mělo počítat. Udává se v jednotkách položky uvedené v kusovníku [27].

- B. Variabilní odpad – toto množství odpadu roste s počtem vyrobených kusů. Udává se v procentech. Jsou to například testovací kusy nebo materiál, který se zlikviduje při výměně svitku [27].

Pokud jsou tedy tyto dva typy odpadu zadány v systému, objednávka se řídí tímto vzorcem [27].

$$Q_m = Q * (1 + V_S) * m_D + K_S \quad (5)$$

Kde:

Q_m -celkové množství materiálu pro danou zakázku.

Q -Požadované množství vyrobených kusů.

V_S -Variabilní odpad (scrap) [%].

m -Velikost dávky udávané v kusovníku (nejčastěji hmotnost jednoho kusu).

K_S -Konstantní odpad (scrap) (v jednotkách materiálu).

V systému je možné nastavit odpad ve třech různých podobách.

1. Nastavení v kusovníku přímo pro daný typ produktu. V kartě „Product information management > Products > Released products > BOM version“. Vybere se položka v kusovníku u které má scrap být nastaven a pomocí karty „edit“ se nastaví konstantní a variabilní odpad. Na Obr. 17. je výstřižek ze systému. Jeho plná podoba je v příloze 1. Systém poté vypočítá množství materiálu pro danou zakázku pomocí vzorce (5). Tato diplomová práce využívá tohoto nastavení.

Standard view ▾
Edit BOM line

General **Consumption calculation**

Formula
Standard ▾

Consumption is
Variable ▾

Constant scrap
1.3000

Variable scrap
2.13

Flushing principle
▾

Release to warehouse
Allow partial reservation ▾

MEASUREMENT
Height
Width
Depth
Density
Constant

ROUNDING

Obr. 17.: Nastavení množství odpadu na kartě kusovníku v systému D365

2. Nebo přímo v kartě uvolněných produktů dané položky. „Product information management > Products > Released products> Engineer“.

Released product details | Standard view ▾

ČÍSLO POLOŽKY **BD 0,5X43 1.4571**

BOM unit
kg

Constant scrap

Variable scrap

Auto-report as finished
 No

MEASUREMENT
Height
Width

Obr. 18.: Nastavení množství odpadu přímo dané suroviny nebo polotovaru

Tento typ zahrnuje ale pouze danou položku, která se může vyskytovat ve výrobě více typů produktů. Například materiál pásoviny.

3. V poslední řadě se dá nastavit odpad přímo pod danou výrobní operaci na kartě „route“ vyráběné položky.

The screenshot displays the SAP S/4HANA interface for route version management. The breadcrumb trail is 'Product information management > Products > Released products'. The main header shows 'D365FO PROD' and navigation options: 'Route version', 'Route', and 'Options'. Below the header, there are tabs for 'Maintain route version' (with sub-tabs 'Approve' and 'Activate') and 'View' (with sub-tab 'Route feasibility'). The main content area shows 'Route | Název položky' and 'Standard view'. A table lists operations with columns for 'Číslo operací' and 'HPE', showing an operation 'přidání 100% kontroly' with HPE 'HPE'. Below the table, there are more navigation options: '+ New', 'Delete', 'Copy and edit relation', 'Delete relation', 'Applicable resources', and 'Main'. The 'Setup' tab is active, showing a 'Standard' dropdown menu. The 'Scrap percentage' field is highlighted with a red circle and contains the value '0.00'. Other fields include 'Costing resource' (023_SR), 'Run time category' (MR0077), and 'Quantity category' (9950).

Obr. 19.: Nastavení procenta odpadu ve výrobní operaci

Pokud se daná výroba skládá z více operací, kde každá operace má nějaké procento odpadu, tak přímo na to je určené toto nastavení [27].

5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část práce se zaměřuje na technologické a metodologické aspekty výroby kovových spojovacích komponentů a na optimalizaci procesů s využitím moderních metod řízení kvality, efektivity a produktivity.

Kapitola technologie tváření za studena vysvětluje různé techniky tváření za studena, které se využívají při výrobě kovových spojovacích komponentů. Tyto techniky zahrnují stříhání, ohýbání a tažení, které tvoří základní procesy pro tvorbu přesných a kvalitních produktů. Každá z těchto metod je podrobně popsána spolu s jejími klíčovými charakteristikami, výhodami a riziky.

Teoretická část dále poskytuje přehled o metodách Lean managementu a automobilových standardů, které slouží ke zlepšení efektivity a minimalizaci odpadu ve výrobních procesech. Klíčové metody zahrnují:

- FMEA: identifikace potenciálních selhání v návrhu (DFMEA) nebo ve výrobním procesu (PFMEA) a jejich prevence.
- Ishikawa diagram: analýza kořenových příčin problémů ve výrobě.
- OEE: měření celkové efektivity zařízení.

Další kapitolou jsou systémové možnosti v ERP. Je podrobně popsáno, jak mohou moderní ERP systémy (jako Dynamics 365 a SAP) pomoci s řízením výroby.

Poslední kapitolou je kovový odpad. Kapitola věnovaná kovovému odpadu analyzuje různé typy odpadu, které vznikají při výrobě, včetně technického, nastavovacího a testovacího odpadu a jejich nastavení do systému ERP.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

V diplomové práci byly vytyčeny tyto cíle.:

1. Vypracování teoretické studie k tématu práce. Obsahuje vše, co zahrnuje potřebné pro pochopení praktické části jako je technologie týkající se výroby kovových spojovacích komponentů, techniky tváření za studena, metod snižování odpadu a práci s ERP systémem.
2. Vytvoření analýzy množství a příčin odpadu při výrobě vybraných spon ve firmě. Identifikovat a kvantifikovat hlavní zdroje odpadu a zjistit příčiny jejich vzniku v rámci výrobních procesů.
3. Návrh v procesech a systému, zahrnující revizi PFMEA a úpravy dat. Navrhnout úpravy a zlepšení v existujících výrobních procesech a systémech řízení, aby došlo ke snížení množství odpadu a zlepšení celkové efektivity.
4. Posouzení finančního dopadu navrhovaných změn na náklady a ziskovost výrobků. Vyčíslit finanční přínosy z navrhovaných zlepšení, včetně snížení nákladů na odpad a zvýšení ziskovosti díky efektivnější výrobě.

7 POPIS VÝROBNÍHO PORTFOLIA

Diplomová práce je tvořena na základě dat z firmy NORMA Czech. Tato společnost se zabývá výrobou spojovacích komponentů spadajících do automobilového průmyslu, stavebnictví nebo vodohospodářství. Společnost je součástí mezinárodní skupiny NORMA Group. Norma Group vlastní 28 závodů napříč celou Evropou, Amerikou, Asií a Oceánií.

Společnost má více jak 60 let zkušeností s výrobou a vývojem produktů využívaných při spojování anebo uchycování trubek či hadic.

Český závod, jenž pomáhal při vývoji diplomové práce, se nachází v Hustopečích u Brna. Firmu reprezentuje téměř 400 zaměstnanců. Společnost vznikla roku 1922 pod jménem GEMI, později ABA.

Výroba spon je spjata s technologií plošného tváření, které se ve společnosti využívá. Tento typ výroby je spjat s velkým množstvím odpadu, jež při procesu vzniká. Ve společnosti postupně docházelo k větším materiálovým ztrátám, proto nastavení správné spotřeby materiálu je velice důležité.

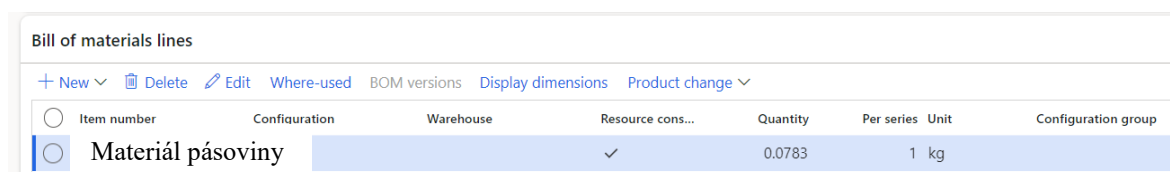
Ve spolupráci s firmou mi bylo umožněno zkoumat příčiny vzniku odpadu a zmetkovitosti při výrobě těchto spojovacích komponentů. Práce, zabývající se vznikem odpadu při výrobě spon, probíhala přímo ve firmě. Byla mi umožněna fyzická přítomnost u výrobních procesů. Musel jsem pochopit podstatu procesu. Byly mi zpřístupněny ERP moduly tak, abych mohl zkoumat funkce modulů spojených s nastavením plánovaného odpadu a zároveň mi byly zpřístupněny živá data z výroby, díky kterým jsem mohl vypracovat analýzy zmetkovitosti.

8 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU

8.1 Systémové nastavení odpadu v ERP

Pro pochopení celé problematiky odpadu je zapotřebí říct si, co se termínem „odpad“ v diplomové práci myslí. Toto slovíčko bude použito často v práci. Bude chápáno jako technický, nastavovací a testovací odpad. Nebude mít žádnou spojitost s NOK kusy. Je důležité si tuto skutečnost uvědomit. Je to odpad, který nelze téměř ovlivnit výrobou, musí se s ním počítat. Tudíž by měl být zahrnut do ceny produktu.

Ve firmě na výrobu spon, byl odpad nastaven velice náhodně. Pro upřesnění, vždy se počítalo s technickým odpadem. Příklad nastavení odpadu spony typu PID je na Obr. 20. Spony budou lépe popsány v následujících kapitolách. V systému byl odpad nastaven například následovně.



Item number	Configuration	Warehouse	Resource cons...	Quantity	Per series	Unit	Configuration group
○ Materiál pásoviny			✓	0.0783	1	kg	

Obr. 20.: Příklad současného nastavení odpadu

Tato spona je vyráběna ze svitku odpovídající položce na obrázku. Číslo 0,0783 kg odpovídá celkové hmotnosti materiálu spotřebovaného na výrobu jednoho produktu.

Pod hodnotou se skrývá následující:

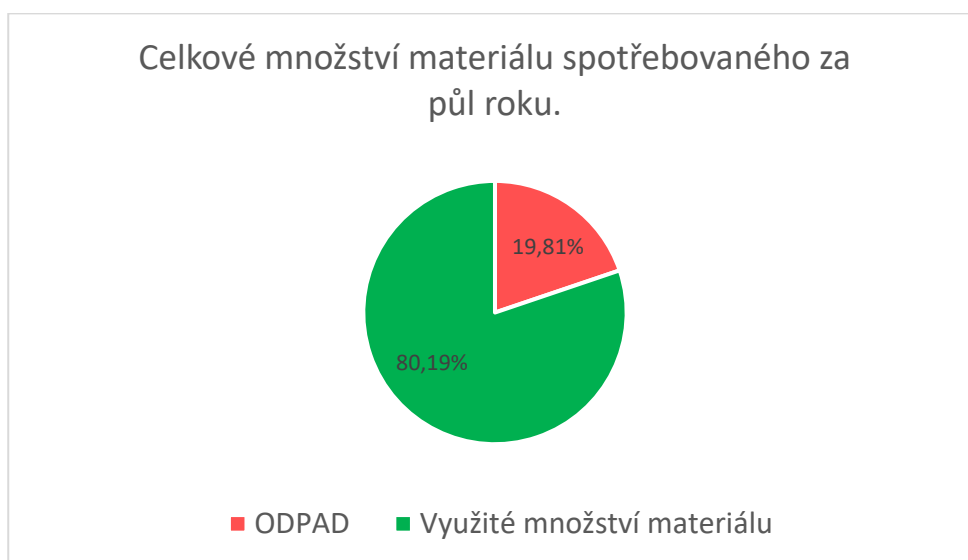
- hmotnost kusu s technickým odpadem: 0,0754 kg.
- Připočítaný odpad: 0,0029 kg.
- Procento odpadu:

$$m = \frac{0,0029}{0,0783} * 100 = 3,84 \% \quad (6)$$

Toto připočítání je velice náhodné. Jsou produkty, které mají připočítaný odpad daleko menší a jsou takové, které s žádným nastavením ani testováním nepočítají.

8.2 Analýza odpadu reportovaného v systému oproti materiálové realitě.

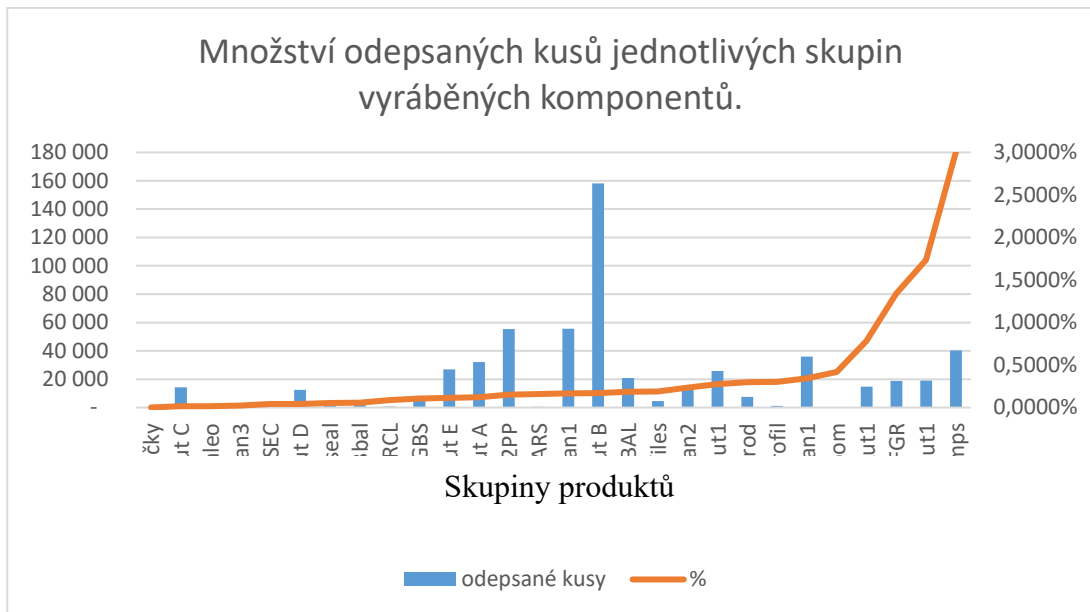
V roce 2023 za 2 kvartály, tedy za půl roku, bylo ve společnosti objednáno celkem 2 139 835 kg materiálu. Byly to hlavně typy nerezové a pozinkované oceli. Celkového množství šrotu tvořilo dohromady 423 850 kg, což je necelých 20 % odpadu.



Obr. 21.: Graf množství materiálu spotřebovaného za půl roku

V porovnání se šrotem, se kterým se počítá v ERP, není jisté, že je nynější stav odpadu dostačující. Těchto necelých 20 % odpovídá technickému odpadu, plánovanému odpadu a NOK kusům.

Ve firmě se plánovaný odpad odepisuje spolu s NOK kusy. Data popisující množství odpadu v podobě NOK kusů a plánovaného odpadu (nastavovací a testovací kusy) za 2 kvartály popisuje Obr. 22. Kde jsou na ose x názvy vyráběných skupin. Osa y nalevo znázorňuje počet odepsaných kusů. Oranžová křivka znázorňuje procentuální zastoupení odepsaných kusů s celkovou produkcí dané skupiny. Pro představu spony skupiny „t B“ mají největší počet odepsaných NOK kusů a to přes 158 000. Pokud ji srovnáme s celkovou produkcí této skupiny, což je přes 93 000 000 vyrobených kusů, je to z dané produkce asi 0,17 %.



Obr. 22.: Graf množství odepsaných kusů jednotlivých skupin vyráběných komponentů
Zajímavostí je, že se hodnoty obou grafů k sobě nepřibližují. I kdyby se vzal v úvahu technický odpad, je 20 % odpadů veliké ve srovnání s odepsanými kusy. Proto data ze systému neodpovídají reálnému vzniklému odpadu. Ze systému jen lze vyvodit, kde je množství odepisovaných kusů nejvyšší. Další kapitola se zaměří nejvíce na tyto skupiny spon, s jejich odpadem v podobě plánovaného odpadu (nastavovací a testovací kusy) a NOK kusy. Kvůli zachování firemního tajemství byly názvy spon v grafu schované.



9 TEORETICKÁ ANALÝZA ODPADU PŘI VÝROBĚ

Pro studii byly vybrány produkty s nejvíce ziskovými obraty. Tyto produkty jsou zkoumány jak z hlediska vzniklého odpadu při výrobě, tak i z hlediska zmetkovitosti. Pro upřesnění skupina produktu PID má nejvíce zastoupení výroby odpadu. Výroba spon RGF byla migrována z Německa do Česka. V systému nebyl žádný odpad nastaven, a proto byl tento produkt vybrán. Co se týče spon VUR a PPV, tak jsou to spony s největší produkcí za rok. Rovněž jsou to také spony, které mají největší zastoupení zmetkovitosti. Jelikož je produkce u těchto spon nejvyšší, je nutné zavést přesný výpočet vzniklého odpadu, tak aby nakupovaný materiál souhlasil se spotřebou.

9.1 Skupina výrobků

Tab. 3.: Nejziskovější výrobky s jejich popisem

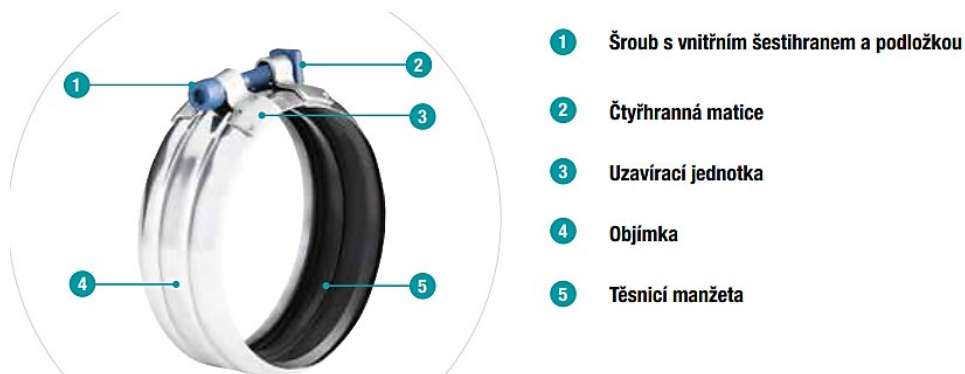
PRODUKT	POPIS
<p style="text-align: center;">PID</p> 	<p>Produkt PID se vyrábí na pěti automatech a několika linkách. S blokací montážního utahovacího momentu je spona určena pro vytváření spojů bez odolnosti proti vytažení, umožňuje rychlé spojování. Viditelná kontrola utahovacího momentu a utahování pomocí jediného svorníku umožňují rychlou a snadnou instalaci.</p>
<p style="text-align: center;">RGF</p> 	<p>Vyrábí se postupně na několika linkách, kdy se polotovar na všech postupně tvaruje a montuje. Používá se ke spojení a utěsnění nerezových trubek a rovněž betonových a plastových trubek.</p>

<p style="text-align: center;">PPV</p> 	<p>Spony typu PPV nebo P2PV se vyrábí nejvíce na postupových lisech. Dále pokračují na montáž šroubu či ke svaření jiných komponentů. Tento typ spony se používá na.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systémy výfukových plynů. • Recirkulace výfukových plynů (EGR). • Aplikace s přeplňovaným vzduchem. • Chladicí systémy. • Filtrační systémy. • Selektivní katalytická redukce (SCR). • Připojení rozdělovače turbodmyhadla.
<p style="text-align: center;">VUR</p> 	<p>Nejčastěji se vyrábí na několika automatech, které jsou schopny vlisovat podložku, nanést elastomer a stočit sponu. Nedochozí tedy k žádné ruční montáži.</p> <p>Použití pro všechny druhy upevňování a zajišťování: potrubí kabelů, kabelových svazků, ochranných trubek kabelů, hadic a dalších vedení.</p>

Výpočet plánovaného odpadu byl proveden pro tyto 4 skupiny spon. Jelikož nejzajímavější výpočty byly u spon PID a RGF, jsou tyto spony předním tématem, co se vzniklého odpadu týče.

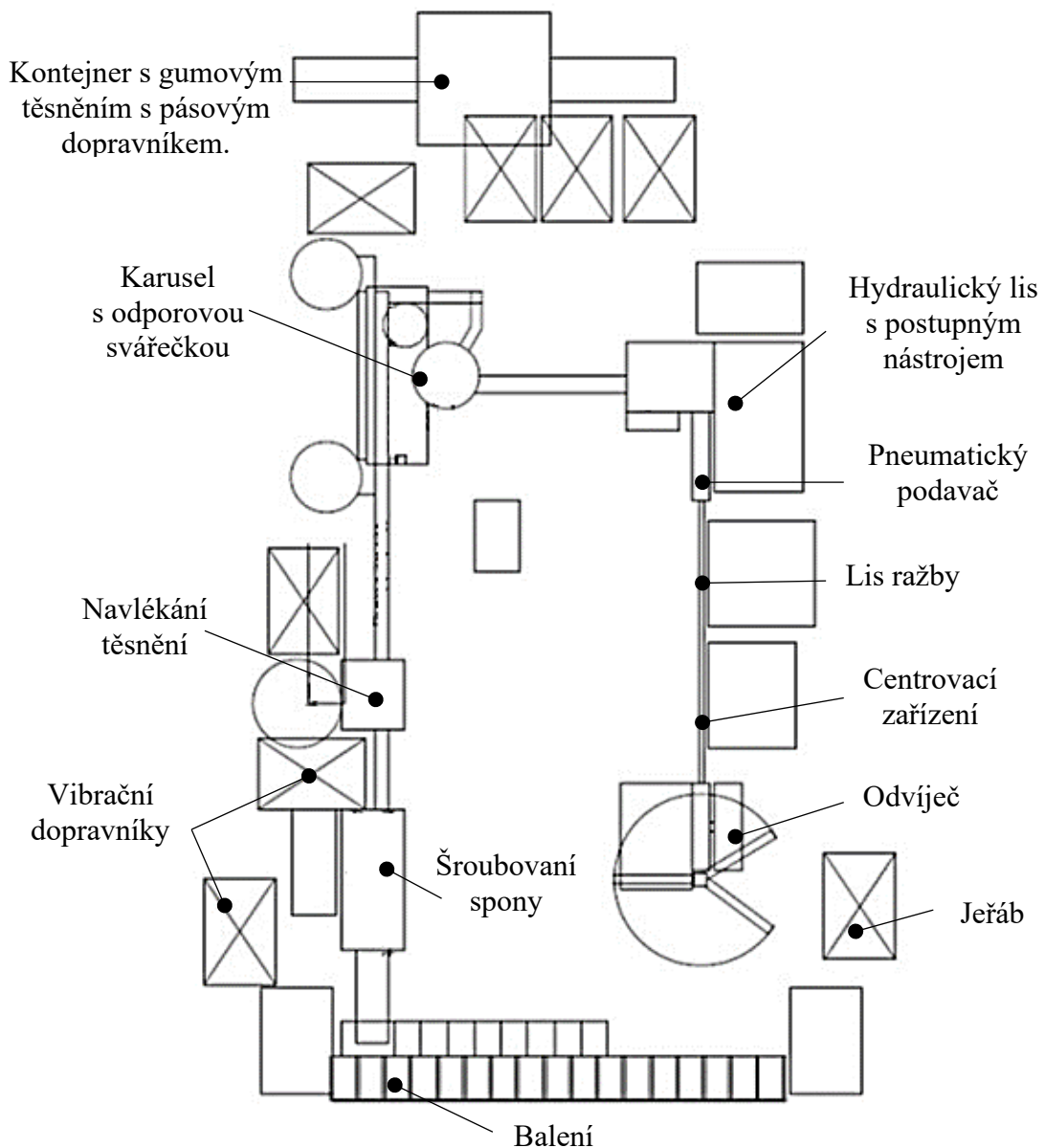
9.2 Produkt PID

Tento produkt je tvořen objímkou, uzavírací jednotkou, těsnící manžetou, šroubem, podložkou a maticí.



Obr. 23.: Spona PID s popisem všech komponentů

Nákres linky s popisem všech stanic je na Obr. 24. Výroba tohoto produktu je na montážních automatech označených stejně jako produkt PID. Jedná se o plno automatizovanou výrobu. Proces začíná odmotáním cívky pásoviny, která pokračuje přes rovnací válce k ražení ražby. Ta je prováděna inkoustem a prolisem. Dále se pásovina nastříhá do podoby přístřihů a přechází k fázi lisování, kdy dochází k tvarování polotovaru do kulatého tvaru. Dalším krokem je svařování upínacích hlav k profilu. Pomocí pásového dopravníku polotvar putuje na osazení gumy a posléze k montáži šroubu, matice a podložky. Ty se do automatu dostávají pomocí vibračních zásobníků. Smontovaná spona pokračuje do krabice. Jakmile se naplní, pokračuje na expedici.



Obr. 24.: Montážní automat PID s popisem stanic.

9.2.1 Odpadní množství

Výpočet plánovaného odpadu pro linku PID zahrnuje konstantní a variabilní odpad. Pásovina, která vstupuje do procesu, je v kusovníku udávána v kg, a proto i všechny výpočty budou v této jednotce.

A. Hmotnost jednoho kusu

Hmotnost jednoho kusu, je množství materiálu, které se spotřebuje na jeden kus, včetně příslušných odstrižků a odpadů z děr (technický odpad). Jelikož spona PID nedisponuje žádnými dírami, byl pouze k jednomu kusu připočten odstrižek.



Obr. 25.: Hmotnost jednoho kusu

$$m_k = \frac{(l + \text{velikost střížníku}) * t * b}{10^9} * \rho \quad (7)$$

Kde:

- m_k -hmotnost jednoho kusu [kg],
- l -délka přístříhu [mm],
- t -tloušťka materiálu [mm],
- b -šířka materiálu [mm],
- ρ -hustota materiálu [kg/m³].

B. Konstantní odpad

Odpad odmotaného materiálu

Při nastavení linky je nutné odmotat jedno kolo pásoviny, jelikož začátek pásoviny bývá zkroucený a nelze jej mezi válce nastavit.

$$m_{\text{start}} = \frac{\pi * D * t * b}{10^9} * \rho \quad (8)$$

Kde:

- m_{start} -hmotnost odmotaného svitku [kg].

D -vnější průměr svitku [mm].

Odpad nastavením ražby

Každá spona PID obsahuje značení. Pro jeho nastavení, ať už v podobě inkoustu či ražby, je zapotřebí vyhodit tolik kusů přistříhů, aby byla ražba nastavena na požadovaném místě. Bylo zjištěno, že těchto kusů je vždy stejné množství v závislosti na stroji a průměru spony.

Tab. 4.: Počet nastavovacích kusů v závislosti na stroji a průměru spony

Automat [č. stroje]	Průměr spony[mm]	Počet nastavovacích kusů
74	100	8
76	100	8
77	75	6
77	50	6
78	80	5
78	70	6
79	125	10
79	150	8

$$m_r = \text{počet nastavovacích kusů ražby} * \text{hmotnost jednoho kusu} \quad (9)$$

Kde:

m_r -hmotnost nastavovacích kusů ražby [kg].

Odpad testovaných kusů

U PID spon dochází ke svařování upínacích hlav k platinkám. Při nastavení linky se prvních 14 kusů odvádí na trhací zkoušku, kde se testuje pevnost svaru. Na Obr. 26. je polotovar platinky s navařenými upínacími hlavami.



Obr. 26.: Odpad testovaných kusů.

$$m_t = \text{počet testovacích kusů} * \text{hmotnost jednoho kusu} \quad (10)$$

Kde:

m_t -hmotnost testovaných kusů [kg].

Celkový výpočet konstantního odpadu

$$K_s = m_{\text{start}} + m_r + m_t \quad (11)$$

Kde:

K_s -celkový konstantní odpad [kg].

C. Variabilní odpad

Variabilní odpad je takový, který se s počtem kusů mění. Jedná se tedy o výměny svitků, kdy při každé výměně dochází k jednomu odmotání kola a k nastavení ražby. Testy svaru se provádí jak na začátku zakázky, tak i každé dvě hodiny. Zároveň vždy zbude poslední kus pásoviny, který už linkou nemůže projít.

Variabilní odpad začátečního nastavení

$$V_{sz} = \frac{m_{\text{start}} + m_r}{M} * 100 \quad (12)$$

Kde:

V_{sz} -variabilní odpad začátečního nastavení [%].

M -hmotnost svitku [kg].

Variabilní odpad konce svitku

Vždy po zpracování celého svitku zbude 1,5 metrů pásoviny, která už nemůže projít linkou.

m_{ks} = hmotnost 1,5 metrů pásoviny

$$V_{sks} = \frac{m_{ks}}{M} * 100 \quad (13)$$

Kde:

V_{sks} -variabilní odpad konce svitku [%]

m_{ks} -hmotnost konce svitku [kg].

Variabilní odpad testovaných kusů

Jak již bylo zmíněno, každé dvě hodiny od začátku výrobní zakázky odchází 14 kusů k trhacím testům. Pro určení je nutné znát rychlost linky.

$$V_{st} = \frac{\frac{m_t}{2}}{v_l} \quad (14)$$

Kde:

V_{st} -variabilní odpad testovaných kusů [%].

v_l -rychlost linky [kg/h].

$\frac{m_t}{2}$ -hmotnost testovaných kusů za hodinu.

Celkový variabilní odpad

$$V_s[\%] = V_{S_z} + V_{s_{ks}} + V_{st} \quad (15)$$

Kde.:

V_s -celkový variabilní odpad [%].

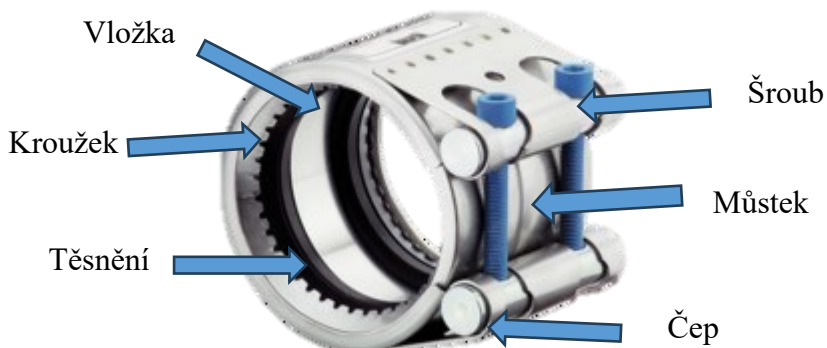
Takto byl spočítán odpad pro sponu PID. Odpad se tedy skládá z technického, konstantního a variabilního odpadu.

9.3 Produkt RGF

Výroba produktu RGF probíhá postupně na těchto strojích a linkách.:

1. Linka na děrování, stříh a profilování RGF (výroba přístříhu).
2. Linka pro ohyb uší, bodování a stáčení RGF.
3. Stáčečka pásů RGF.
4. Svářečka odporová RGF.
5. Svářečka TIG pro RGF.
6. Bodová svářečka.
7. Linka pro stříh a tvarování můstků RGF.
8. Linka pro stáčení a rozstříh Krallenringe 1.
9. Linka pro stáčení a rozstříh Krallenringe 2.
10. Řezání, svařování elastomeru a montážní stoly.

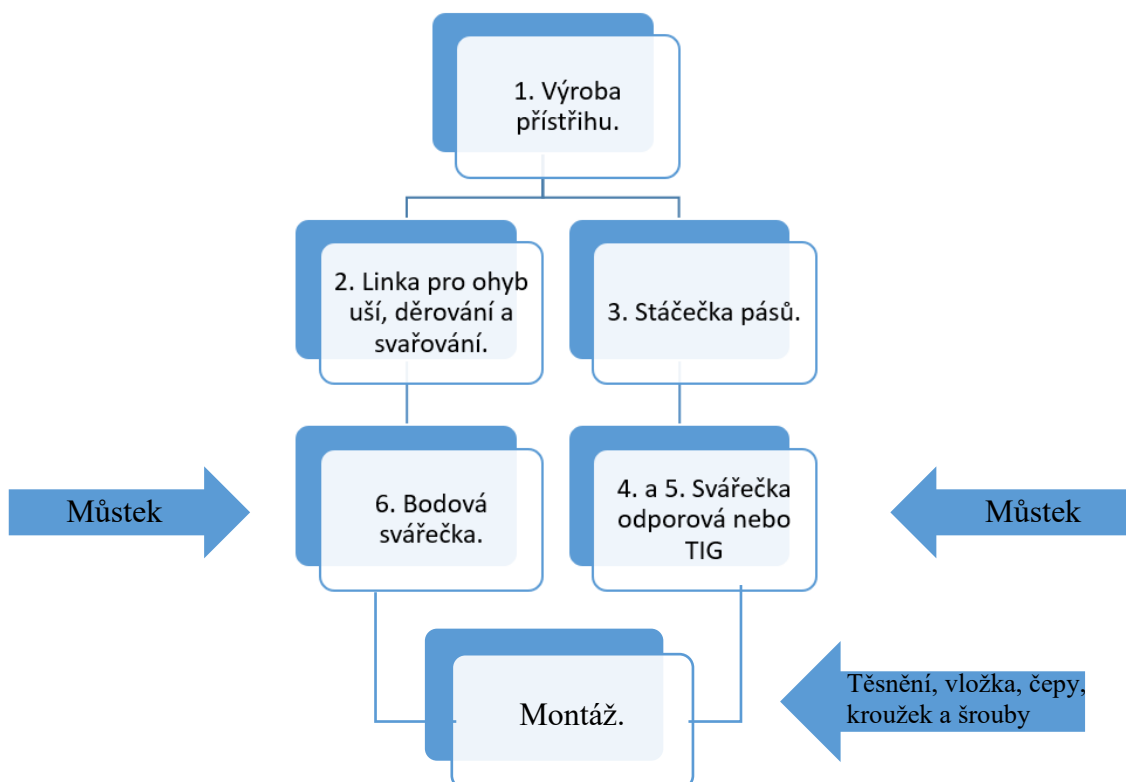
Pro podrobný postup výpočtu bude detailně zmíněna pouze linka na děrování, stříh a profilování. Je to z důvodu, že zde je odpadu nejvíce.



Obr. 27.: Spona RGF s popisem komponentů

Na Obr. 28. je jednoduchý diagram, který ukazuje postup výroby spony RGF.

Šipka znázorňuje vstupující komponenty používané ve výrobě.



Obr. 28.: Postup výroby spony RGF

Linka na děrování, stříh a profilování RGF je určena k tváření kovů za studena. Páska o šířce 55–234 mm je přiváděna od odvíječe přes rovnací zařízení a podavač do pracovního prostoru lisu, kde dochází k obstříhu. Dále následuje ražba, prostříh a profilování. Nakonec

v oddělovacím lisu dochází k oddělení jednotlivých kusů-přístřihů. Hotové polotovary se posunují dál po válečkové trati odkud jsou obsluhou ukládány do připravené bedýnky. Přístřih je poté v závislosti na tloušťce materiálu a velikosti průměru spony stáčen, ohýbán a svařován (konce uší) na lince 2 nebo je stáčen na stroji 3 a poté svařen na odporové svářečce nebo pomocí svářečky TIG. Vstupující můstek je dále ke stočené sponě rovněž svařován pomocí odporové svářečky. Spona pokračuje na montáž, kdy je na ni přidělen těsnící kroužek z elastomeru, ocelová vložka, pojistně čepy a šrouby.

Odpad byl vypočítán u všech těchto linek, kdy podrobný výpočet bude popsán pouze u linky na výrobu přístřihu.

9.3.1 Odpadní množství

A. Hmotnost jednoho kusu

Hmotnost jednoho kusu je spočítána stejně jako u linky PID podle vzorce (7).



Obr. 29.: Příklad technického odpadu výroby přístřihu pro sponu RGF

B. Konstantní odpad

Do konstantního odpadu se zahrnují nastavovací kusy. Jejich počet se mění podle délky přístřihu a šířky pásoviny. Tato skutečnost je daná nastavením válců profilovací stanice.

Délka lemovacího zařízení je 3500 mm. Tato vzdálenost byla použita jako odhad pro nastavení, jelikož toto nastavení se náhodně mění. Zároveň jsou zde připočteny 2000 mm konce pásoviny, které neprojdou linkou.

K_S [kg] = hmotnost 5500 mm pásoviny

C. Variabilní odpad

Variabilní odpad nastává při výměně svitku. Je to začátek pásoviny z důvodu nájezdových kusů. Zároveň zbydou 2000mm pásoviny, které už neprojdou přes linku.

$$V_S [\%] = \frac{\text{Hmotnost 4000mm pásoviny}}{\text{Celková hmotnost svitku}} * 100 \quad (16)$$

Celkový odpad RGF

Do celkového odpadu pro výrobu spony RGF musí být zahrnuty všechny výrobní linky a stroje.

Příkladem celkového odpadu je spona RGF o průměru 508 mm, tloušťky 1,5mm a šířky 153 mm. Hmotnost jednoho kusu včetně technického odpadu je 3,5 kg. Konstantní odpad při výrobě přístřihu je 10,1 kg a variabilní odpad 1,5 %.

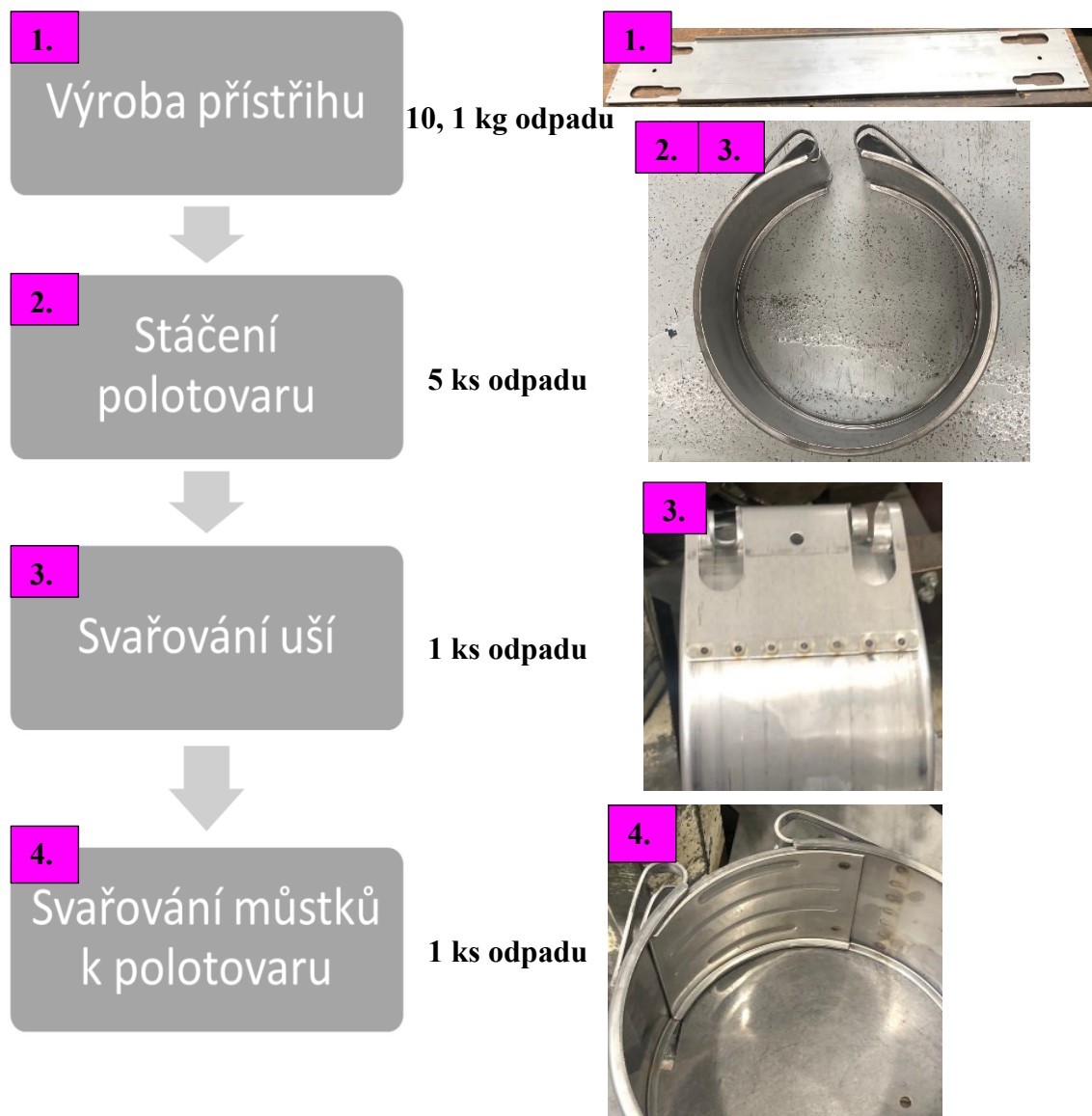
Výroba této spony začíná již zmiňovanou linkou na děrování, stříh a profilování, kdy množství odpadu při nastavení linky je 10,1 kg.

Spona dále pokračuje na stroj pro stáčení spony. Při kalibraci na požadovaný průměr se vyhodí 5 celých kusů přístřihu.

Stočená spona pokračuje na bodový svar, kdy se konce stočené spony svaří, aby vytvořily takzvané „uši“. Pro určení kvality svaru musí být proveden trhací test, a proto se jedna stočená spona zničí.

Spona se svařenými „uchy“ dále pokračuje na další bodový svar, kdy se k polotovaru svařuje můstek. Rovněž, aby byl zaručený kvalitní svar, musí se utrhnout při trhacím testu.

Jakmile je k polotovaru přivařen můstek, může dojít k montáži všech komponentů. Při montáži už nedochází k odpadu. Obr. 30. ukazuje zmíněný proces. Fotografie představují výstupní polotovar s jeho přiřazenou operací a množstvím odpadu, který při výrobě vznikne.



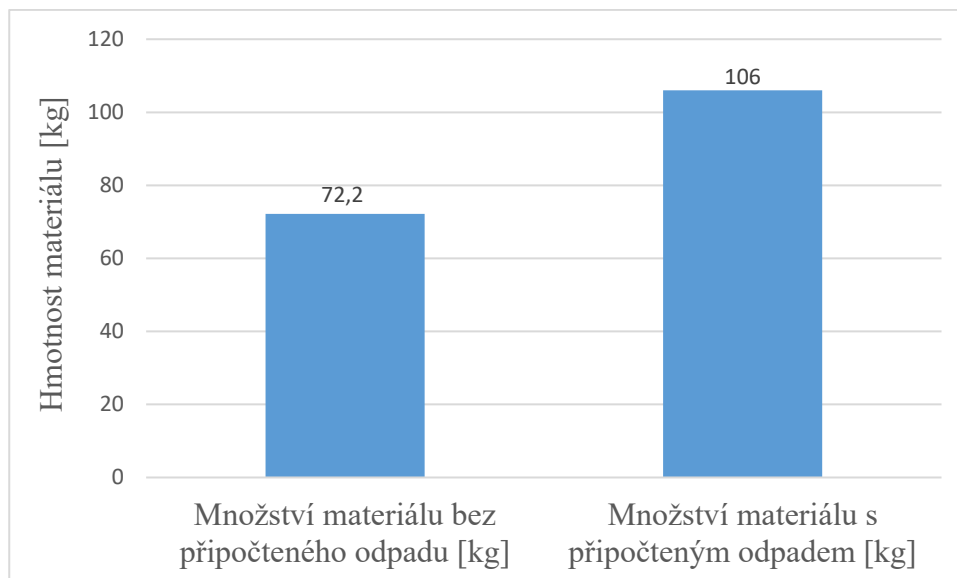
Obr. 30.: Postupné schéma výroby spony RGF s obrázky polotovarů a množstevním odpadem

Pokud by tedy zákazník požadoval výrobu 20 kusů zmíněné spony, je reálná spotřeba pásoviny 20 kusů + zmíněný odpad. Proto by systém objednal celkovou výrobu 27 přístřihů. Dle vzorce (6) zmíněném v teoretické části by systém vystavil takové množství materiálu, aby bylo vyrobeno požadovaných 20 kusů.

$$Q_m = Q * (1 + V_S) * m_D + K_S \quad (6)$$

$$Q_m = 27 * \left(1 + \frac{1,5}{100}\right) * 3,5 + 10,1 = 106 \text{ kg}$$

Pro upřesnění. Spony RGF neměly doposud žádný nastavený odpad v ERP. Na tento rozdíl poukazuje Obr. 31.



Obr. 31.: Graf spotřeby materiálu, sloupec vpravo ukazuje skutečnou spotřebu a sloupec vlevo ukazuje spotřebu, s kterou se doposud počítalo

U spon RGF byla nejvyšší materiálová ztráta, která nebyla zahrnuta v ceně produktů.

10 PRAKTICKÁ ANALÝZA ODPADU PŘI VÝROBĚ

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, práce se bude hlavně zabývat sponami PID a RGF, jelikož je zde největší zastoupení odpadu.

10.1 Analýza spony PID.

Ze systému bylo prozkoumáno 16 zakázek, kdy byl materiál odepsán v OK kusech a NOK kusech. Do NOK obsluha zapisovala rovněž nastavovací a testovací kusy. Je zde velká nepřesnost odepisování. Na Obr. 32. je výstřižek z ERP, který ukazuje odepisování OK kusů a NOK kusů v zakázce.

View progress - WO00041084

...

Production order

Feedback

Materials Inquiries ▾ Applicable resources

Oper. No.	Priority	Operation	Name	Good qua...	CW good ...	Error quan...	CW error qty	Hours	Reported a...
10	Primary	1267	Lisování	30,700.00		343.00		46.66	✓

Obr. 32.: Příklad odepisování výrobní zakázky v D365

Materiál byl tedy odepsán následovně.:

- 30 700 vyrobených kusů.
- 343 NOK kusy v podobě zmetků, nastavovacích a testovacích kusů.
- Hmotnost jednoho kusu je 0,0755 kg.

Systém odepsal množství materiálu na zakázku následovně:

$$Q = (30\,700 + 343) * 0,0755$$

Tento typ výpočtu byl porovnán s nastaveným odpadem z předchozí kapitoly. Obr. 33. je porovnán procentuální rozdíl odepsaného množství ze systému vůči materiálu, který by byl objednan s nastaveným odpadem (vypočten v přechozí kapitole). Hodnoty na ose y větší než 0 jsou množství materiálu, které by bylo objednáno navíc. Proto kladné hodnoty potvrzují, že je způsob výpočtu odpadu správný.



Obr. 33.: Procentuální rozdíl skutečné spotřeby materiálu proti objednanému množství s nastaveným odpadem

Jak již bylo zmíněno, přesnost odepisování nemusí být realitou, jelikož ne vždy jde dohlédnout na správné odepisování operátorem. Proto bylo provedeno fyzické měření, kdy operátoři dávali do beden nastavovací a testovací kusy a do další bedny NOK kusy. Toto měření probíhalo 5 dní při tří směnném provozu. Výstupem bylo 10 různých měření.

Tab. 5.: Průměrné hodnoty z deseti měření

Zakázka	Spona PID průměru 100 mm
Hmotnost svitku [kg]	170
Hmotnost jednoho kusu [g]	75,5
Počet vyrobených kusů	2180
Hmotnost nespotřebovaného konce svitku [g]	888
Hmotnost NOK kusů [g]	906
Počet testovaných kusů (svaru)	30
Hmotnost začátečního nastavení [g]	1462

Vypočítaný odpad podle předchozí kapitoly je pro tuto sponu následovný.:

- Variabilní odpad: 2,3 %.
- Konstantní odpad: 2,5 kg.

Podle vzorce (6) by bylo objednáno.:

$$Q_m = Q * (1 + V_s) * m_D + K_s \quad (6)$$

$$Q_m = 2180 * \left(1 + \frac{2,3}{100}\right) * 0,0755 + 2,5 = 170,9 \text{ kg}$$

Z tohoto měření vyplývá, že při spotřebě jednoho svitku, který váží 170 kg se průměrně vyrobilo 2180 kusů. Teoreticky objednaný materiál pro takový počet kusů je 170,9 kg. Teoretický výpočet tedy odpovídá výrobní skutečnosti a je nutné provést výrobní změny.

10.2 Analýza spony RGF

Jelikož výroba spony RGF na lince pro děrování, stříh a profilování měla ve firmě veliké materiálové ztráty, probíhalo zde měření celý čtvrtý kvartál roku 2023. Do tohoto měření byl kromě obsluhy strojů také zahrnut sklad. Kdy se vždy zvážila hmotnost svitku před tím, než se nastavila ke stroji a dále její zbytek, když se pásovina sundala ze stroje. Takhle byla zapsána přesná spotřeba materiálu. Pro sponu RGF nebyl žádný odpad nastaven. Obr. 34. porovnává skutečnou spotřebu materiálu, spotřebu materiálu s nastaveným odpadem, který byl popsán v předešlé kapitole a spotřebu materiálu bez žádného nastaveného odpadu, který je aktuálně v ERP. Hodnota $y=0$ ukazuje skutečnou spotřebu materiálu. Hodnoty menší než 0 poukazují na procenta materiálu, které by na zakázku chyběly.

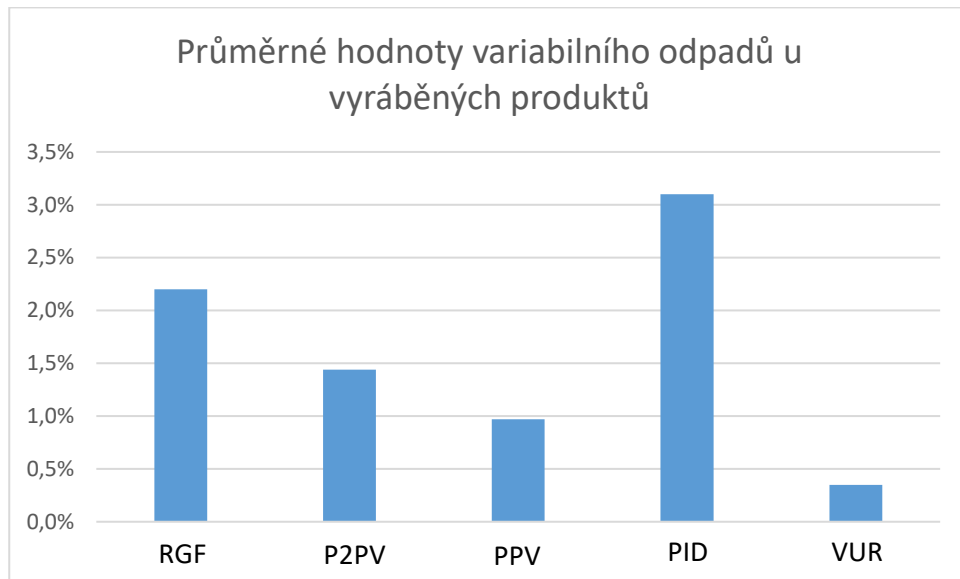


Obr. 34.: Graf procentuálního rozdílu mezi spočítanou, stávající a skutečnou spotřebou materiálu

Hodnota propadliny mezi 40. – 50. zakázkou poukazuje na velké množství nastavovacích kusů, kdy se nedařilo nastavit profilovací část linky. I přesto by podle teoreticky spočítaného množství z předešlé kapitoly chybělo průměrně 0,05 % materiálu. Což poukazuje na správnost tohoto výpočtu. Oranžová křivka ukazuje množství materiálu, které doposud chybělo. Toto množství tak uhrazuje firma a ne zákazník.

10.3 Variabilní odpad analyzovaných produktů

Pro vizualizaci procenta odpadu byl vzat průměr hodnot variabilního odpadu zkoumaných produktů. Je to z důvodu průměrné přehlednosti odpadu u těchto vyráběných spon, které jsou závislé vždy na množství vyráběných kusů. Procentuální hodnota RGF musí být brána s rezervou, i když množství variabilního odpadu je 2,2 %. Toto množství je mnohem větší z důvodu konstantního odpadu v podobě nastavovacích kusů.



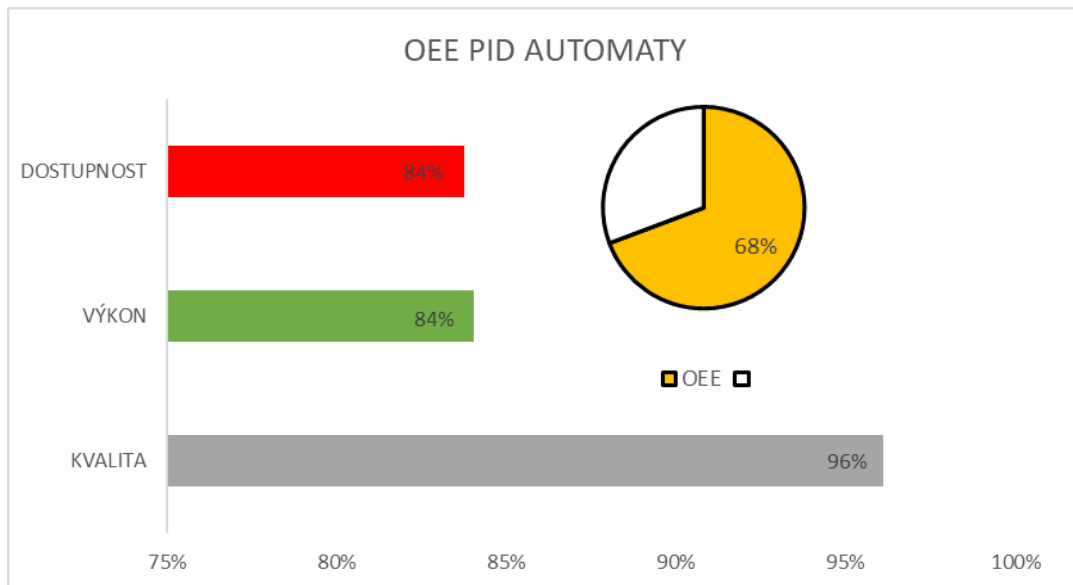
Obr. 35.: Graf průměrných hodnot variabilního odpadu u vyráběných produktů

10.4 OEE

Celkovou efektivitu zařízení ukazuje výpočet OEE. Zkoumanými linkami jsou automaty PID a linka na děrování, stříh a profilování RGF.

10.4.1 OEE PID

Pro lepší vizualizaci efektivity Automatu PID bylo zpracované OEE. Data jsou převzata z období prvního kvartálu roku 2024. Týkají se všech automatů PID. Jak bylo zmíněno v teoretické části kapitoly týkající se OEE. Do kvality musí být zahrnuty také nastavovací a testovací kusy. Pokud bychom vzali jen množství NOK kusů, je to 0,8 %. Hodnota OEE pro automaty PID je 68 %. Je to dáno velkými neplánovanými odstávkami stroje a opravami. Nejvíce se to týká úseků svařovacího zařízení Karusel a postupového lisu. Obr. 36. znázorňuje hodnoty dostupnosti, výkonu a kvality. Při jejich vynásobení se získá hodnota OEE, která je znázorněna v koláčovém grafu.

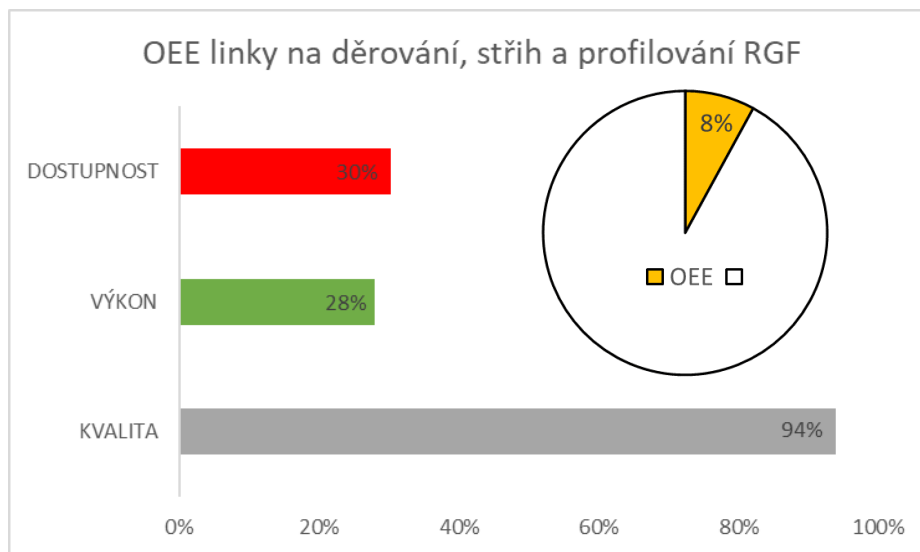


Obr. 36.: OEE pro automaty PID

10.4.2 OEE linky na děrování, stříh a profilování RGF.

Hodnota OEE linky na děrování, stříh a profilování byla zkoumána z dat, ze kterých vychází analýza v kapitole 10.2. Hodnota OEE je pouhých 8 %, jelikož výkon a dostupnost stroje mají nízké hodnoty. 30 % hodnoty dostupnosti je vlivem dlouhých intervalů nastavení stroje. Výkon s hodnotou 28 % je z důvodu, že rychlost linky se od reality velice vzdaluje. Nejnižší hodnota výkonu byla zaznamenána na pouhé 2 % a to s ohledem na nastavení stroje. Ani jednou se hodnoty neblížily požadované rychlosti linky. Maximem byla hodnota 94 %.

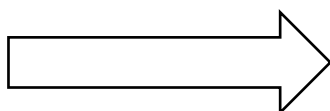
Tato skutečnost vede k zamyšlení, zda je rychlost linky, tedy cyklový čas nastaven správně. Pro zvýšení hodnoty dostupnosti by bylo zapotřebí zvážit, zda jsou zakázky plánované ve správném pořadí. Pokud se vyrábí produkt stejného materiálu, pouze s rozdílem střížné délky, je čas nastavení daleko kratší, než když se celá linka musí přenastavit pro jiný materiál. Hodnota kvality je 6 % z nichž přes 2 % jsou odpad v podobě nastavovacích kusů. Tato data jsou ale zkreslena z důvodu špatného odepisování, kdy operátoři mnohdy vypisovali do kolonek NOK kusů zmíněné nastavovací kusy.



Obr. 37.: OEE linky na děrování, stříh a profilování RGF

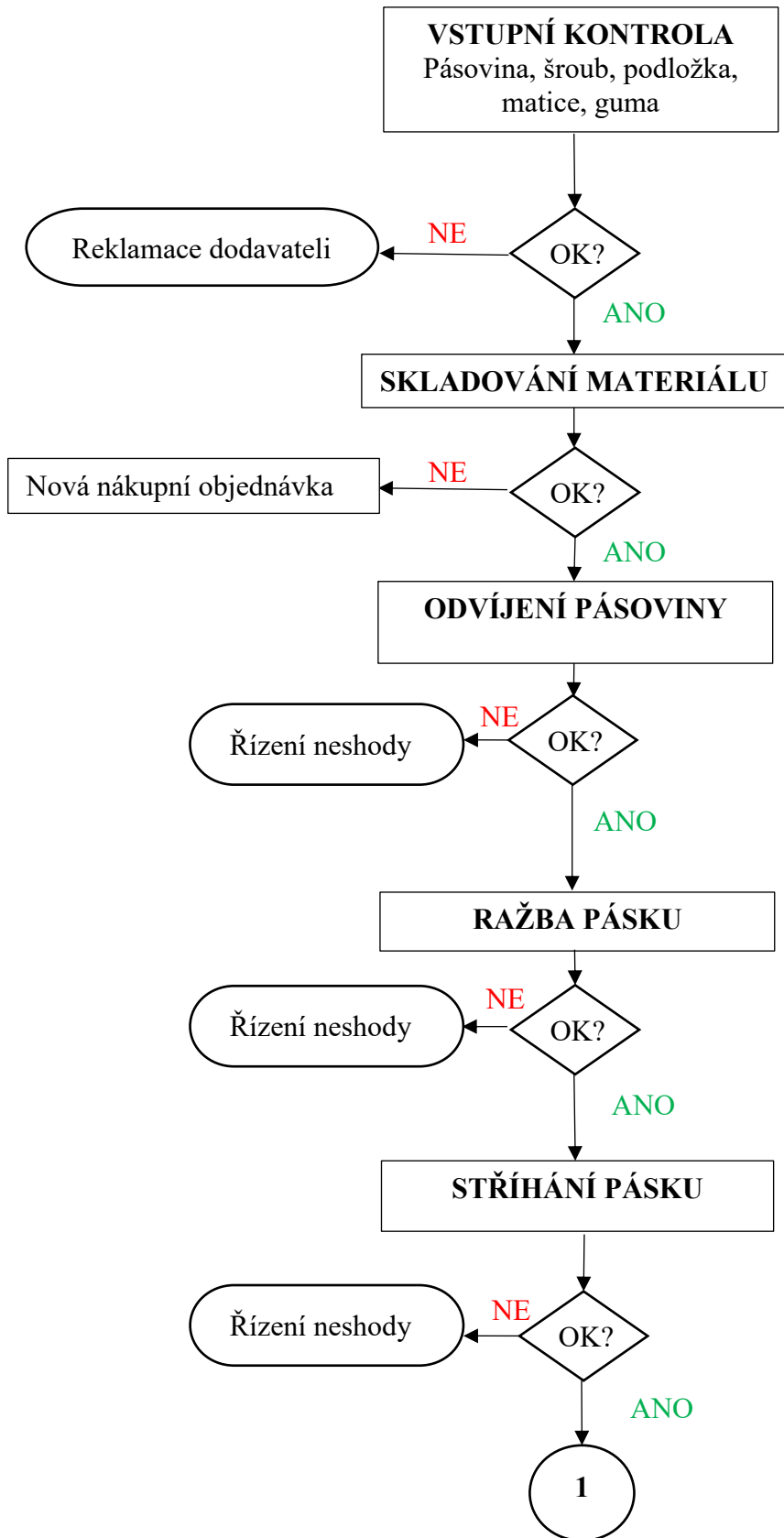
10.5 Procesní vývojový diagram při výrobě spony PID

Procesní vývojový diagram pro sponu PID je na Obr. 38. a Obr. 39. Ukazuje sled dějů jdoucí za sebou. Začínaje procesním krokem, a to vstupní kontrolou vstupujících komponentů a materiálu. U tohoto procesu dojde ke kontrole, zda je na skladu vše potřebné pro zhotovení spony. Symboly procesního diagramu jsou popsány v teoretické části. Jak je vidět na obrázku, při každém výrobním kroku může dojít k neshodě, tedy odpadu. Dalším procesním krokem je skladování materiálu. Následují přímo výrobní procesní krok, a to odvíjení pásoviny. Celý vývojový diagram končí posledním krokem a to balením.

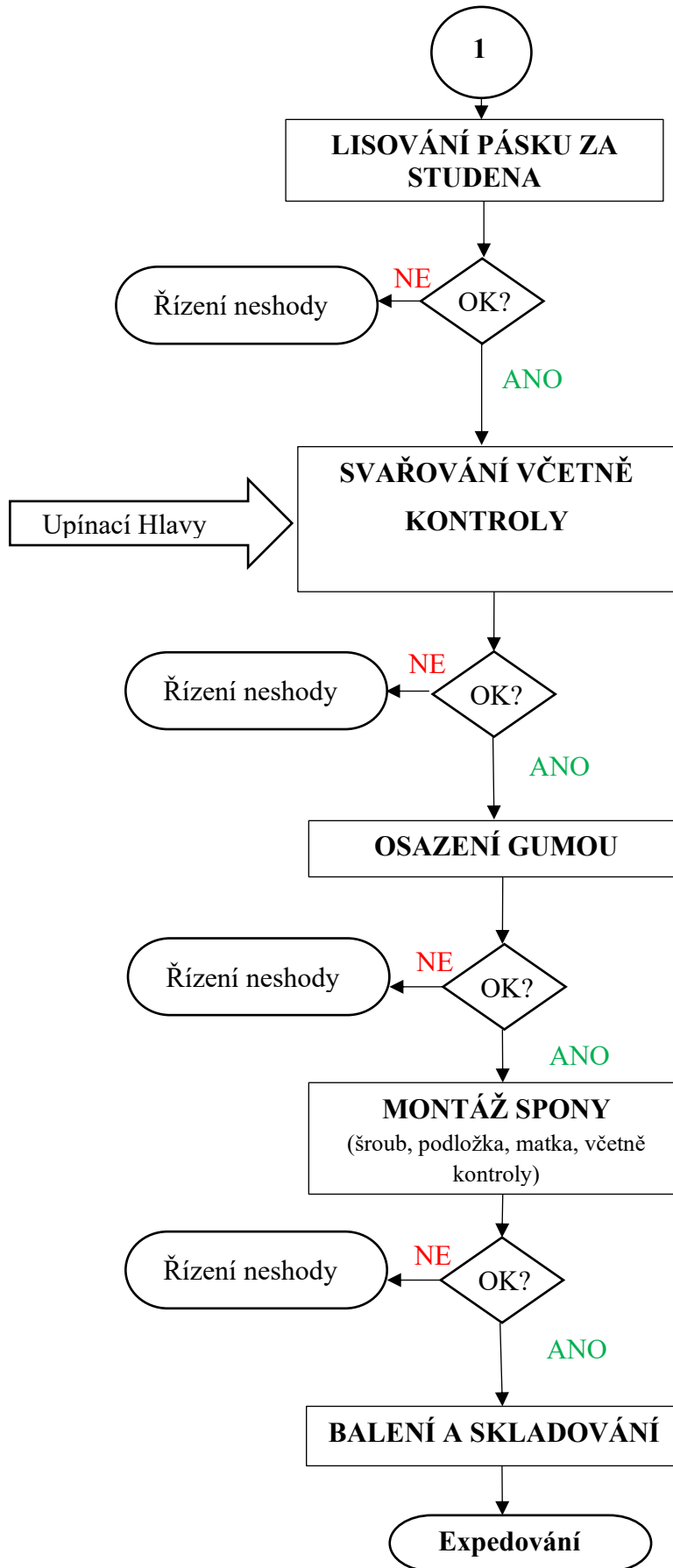


Znak šipky poukazuje na vstupní polotovar již vyráběný ve firmě, mající vlastní vývojový diagram.

Díky lepší vizualizaci bude zpracovaná PFMEA zabývající se nastavovacími a testovacími kusy, které jsou nezbytné pro správný chod linky.



Obr. 38.: Procesní vývojový diagram pro sponu PID, část 1.



Obr. 39.: Procesní vývojový diagram pro sponu PID, část 2.

10.6 PFMEA PID

Procesní vývojový diagram je pomocníkem pro sestavení PFMEA. Při vytváření PFMEA musí být zkoumány všechny kroky vývojového diagramu a jejich možný výskyt problému. Opravdu bylo obtížné zahrnout úplně vše. Díky zkušenostem seřizovačů a obsluhy byly vybrány nejčastější problémy. Kompletní PFMEA pro výrobu spony PID na automatu je v příloze P III.

Uvedu příklad jednoho výrobního kroku, kde popíšu vše, co bylo uvedeno ve PFMEA. Jen pro upřesnění, hodnoty výskytu, detekce a závažnosti nebyly uvedeny. Rovněž tak RPN nebude uvedena.

Funkce: Funkce produktu je těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.

Pro hodnotu závažnosti se tedy musíme ptát. Pokud dojde k nějakému výskytu problému, je to problém takový, že spona neplní svou funkci? Nebo je to pouze kosmetická vada anebo je to vada taková, která se dokáže spravit i při montáži produktu?

Systémový element: Osazení gumou.

Systémovým elementem je myšlen procesní krok. Byl použit tento výraz, jelikož je uveden v programu APIS, který firma využívá pro vytváření PFMEA.

Možné chyby: Elastomer vyčnívá ze spony, není dostatečně namontován.

Možný následek chyb: Produkt neplní svou funkci. Lze ale elastomer opravit ručně při montáži spony na trubku.

Produkt neplní svou funkci znamená, že není dodržena těsnost tlaku mezi trubkami. Hodnota Závažnosti (Z) nebude ale tak vysoká, jelikož se dá vada jednoduše opravit.

Možná příčina chyb: Podavač zajistil, že elastomer vyčnívá ze spony a nadzvedává tak sponu. Pro představu, elastomer je do spony vkládán podavačem. Tento podavač zmáčkne elastomer tak, aby šla vložit do spony. Jakmile dojde k uvolnění a elastomer se vrací do své podoby, může kousek elastomeru vyskočit, tak že vyčnívá.

Aktuální preventivní opatření: Automatické zastavení stroje, pokud nelze nasadit šroub.

Při dalším kroku dochází k automatické montáži šroubu. Pokud sponu elastomer nadzvedává. Utahovák šroubu nenašroubuje šroub s maticí, a tak dojde k zastavení stroje. Hodnotou výskytu (V) je údaj ze systému, jak často k problému dochází.

Aktuální opatření detekce: Stroj se zastaví, jakmile nedojde k nasazení šroubu.

Hodnota RPN

Hodnota závažnosti (Z) detekce (D), výskytu (V) podle vzorce (1) určí hodnotu RPN.

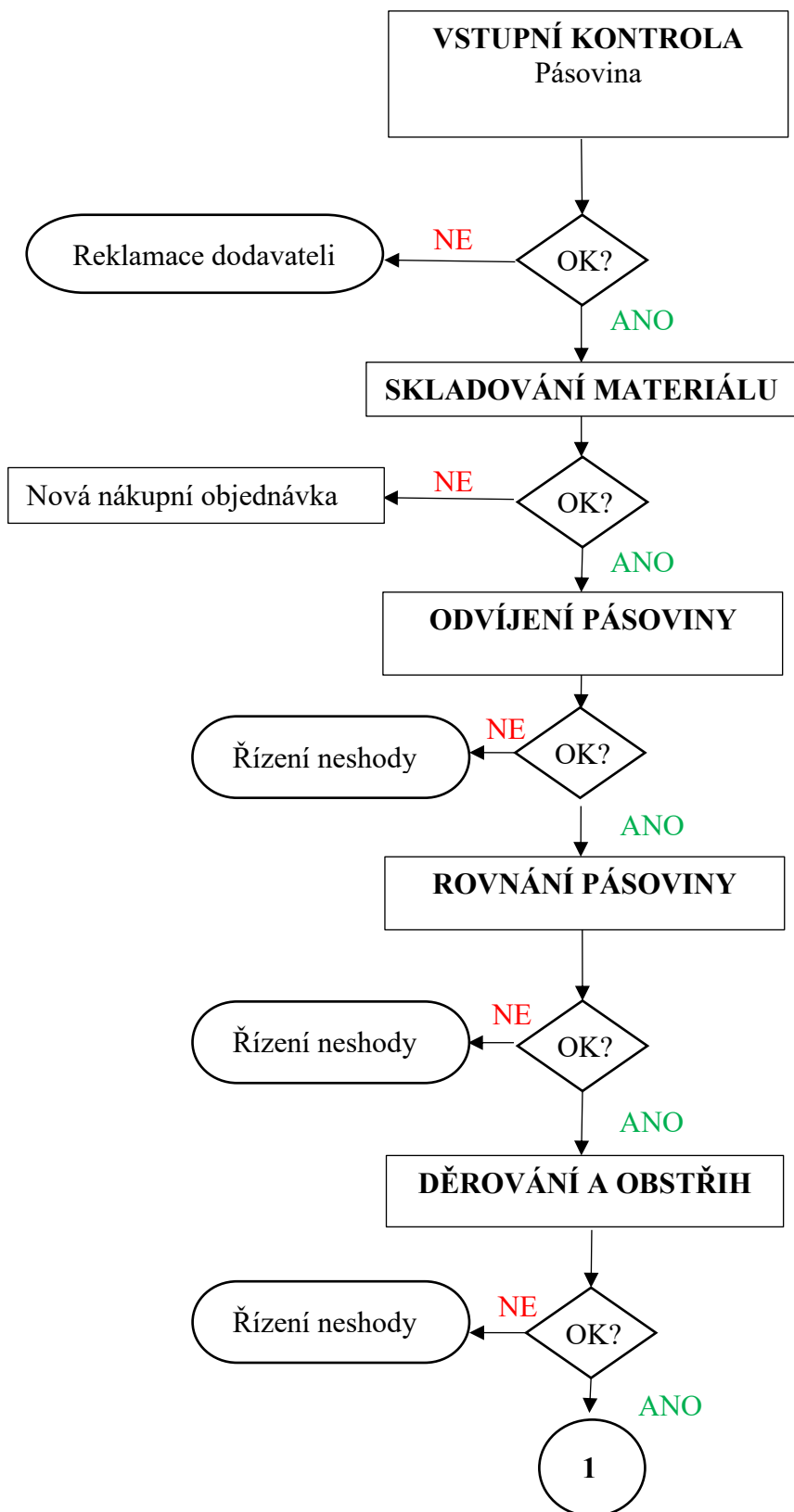
Problémem je, že pokud elastomer nenadzvedává sponu, ale vyčnívá nahoru ze spony je tato detekovatelnost pouze na obsluze stroje. Proto je hodnota ERP daleko vyšší než u případu, kdy elastomer nadzvedává sponu. Ukázka, jak by měla PFMEA tohoto procesu vypadat je v Tab. 6.

Tab. 6.: Ukázka PFMEA pro proces osazení gumou automatu PID

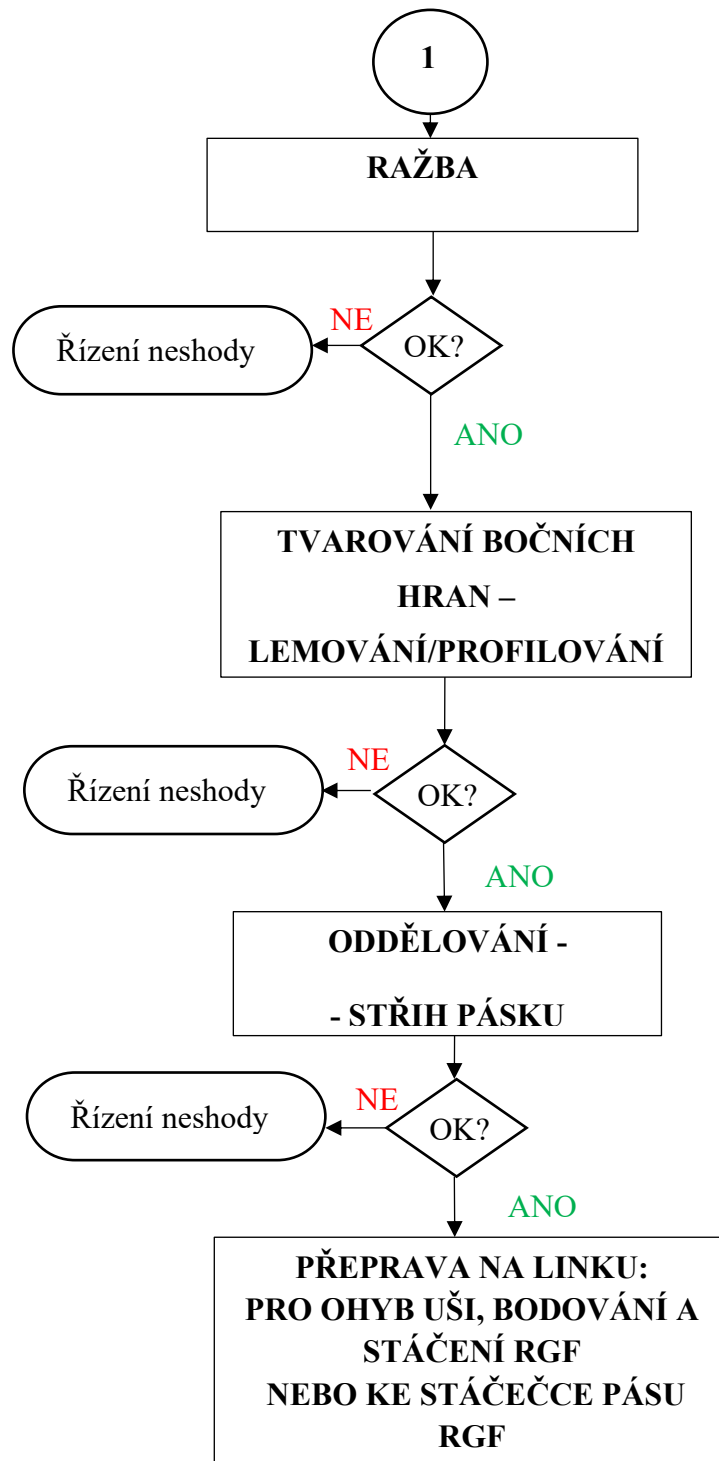
TYP	PID								
STROJ	AUTOMAT PID								
FUNKCE	MOŽNÉ CHYBY	MOŽNÝ NÁSLEDE K CHYB	Z	MOŽNÁ PŘÍČINA CHYB	AKTUÁLNÍ PREVENTI VNÍ OPATŘENÍ	V	OPATŘENÍ DETEKCE	D	RPN
Systémový element: Osazení gumou									
Těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.	Elastomer vyčnívá ze spony.	Produkt neplní svou funkci ale lze ho elastomer opravit ručně.		Podavač elastomeru zajistil, že elastomer vyčnívá ze spony a nadzvedává tak sponu.	Automatické zastavení stroje, pokud nelze nasadit šroub.		Automatický utahovák šroubu zastaví linku, jelikož nepůjde šroub nasadit.		
	Elastomer vyčnívá ze spony.	Produkt neplní svou funkci ale lze ho elastomer opravit ručně.		Podavač elastomeru zajistil, že elastomer vyčnívá do vrchu spony.	Pravidelná kontrola procesu.		Vizuální kontrola operátora během procesu.		

10.7 Procesní vývojový diagram linky na děrování, stříh a profilování RGF.

Rovněž pro linku na děrování stříh a profilování byl sestaven vývojový diagram. Proces začíná stejně jako u automatu PID vstupní kontrolou a skladováním materiálu. Výrobní proces jako takový začíná odvíjením pásoviny a končí stříhem přístříhu a jeho přesunutí k jinému stroji pro další operace.



Obr. 40.: Procesní diagram linky na děrování, stříh a profilování RGF, část 1.



Obr. 41.: Procesní diagram linky na děrování, stříh a profilování RGF, část 2.

10.8 PFMEA PRO VÝROBU PŘÍSTŘIHU RGF

Pro sestavení PFMEA bylo rovněž využito vývojového diagramu. Zkušenosti operátorů a seřizovačů pomohli napsat PFMEA pro nejčastější možné chyby při procesu. Příkladem jednoho kroku je tvarování bočních hran. PFMEA tohoto procesního kroku je v Tab. 7.

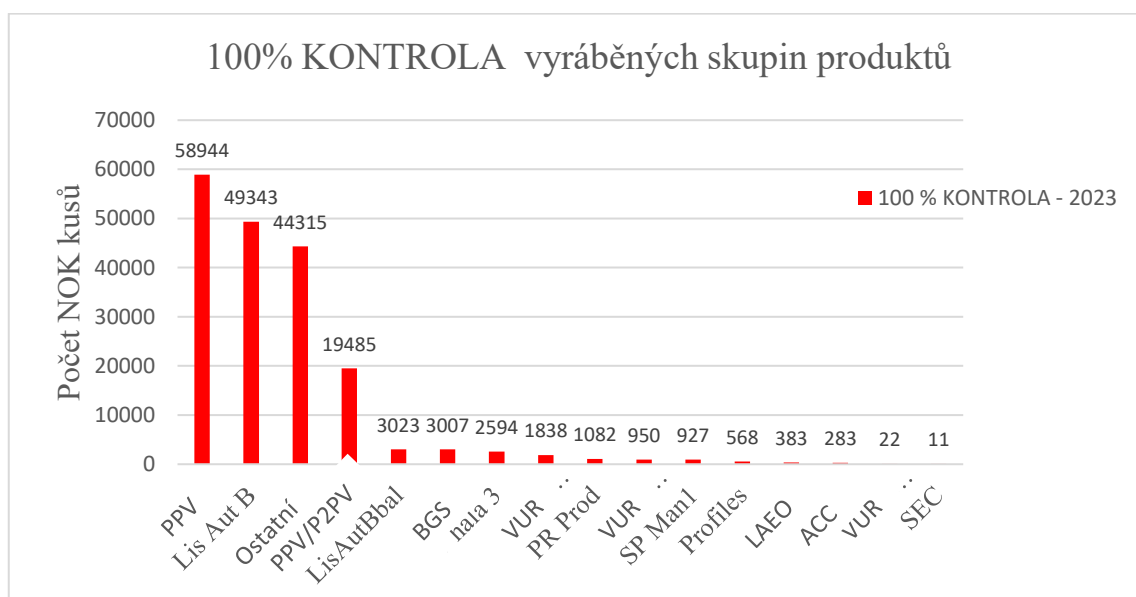
Tab. 7.: Ukázka PFMEA pro proces tvarování bočních hran RGF

TYP	RGF								
STROJ	Linka na děrování, stříh a profilování RGF								
FUNKCE	MOŽNÉ CHYBY	MOŽNÝ NÁSLEDK CHYB	Z	MOŽNÁ PŘÍČINA CHYB	AKTUÁLNÍ PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	V	OPATŘENÍ DETEKCE	D	RPN
Systémový element: tvarování bočních hran									
Těsnost tlaku mezi trubkami plastového o potrubí s kovovým potrubím.	Nesprávně tvarovaný lem.	Produkt nesplňuje specifikace a tím neplní svou funkci.		Nesprávné nastavení stroje.	Nastavovací předpis a následné proškolení operátora, pro správnou kalibraci lemovacího zařízení a pravidelnou údržbu.		Měření posuvným měřidlem na začátku a na konci výrobní zakázky a při každém přenastavení stroje použitím nastavovacích kusů.		
	Nesprávně tvarovaný lem.	Zastavení stroje a zvýšení odpadu.		Porucha lemovacích nástrojů.					

Funkcí produktu RGF je těsnost tlaku mezi trubkami plastového potrubí s kovovým potrubím. Pokud nedojde ke správnému tvarování lemu, spona nebude plnit funkci těsnosti. Proto je důležitý toto vytvoření lemu zajistit. Díky lemu je do spony vložena těsnící guma a kroužek. Tyto komponenty mají za úkol zajistit zmíněnou těsnost. Kompletní PFMEA je v příloze P IV.

11 PRAKTICKÁ ANALÝZA KOŘENOVÝCH PŘÍČIN NOK KUSŮ

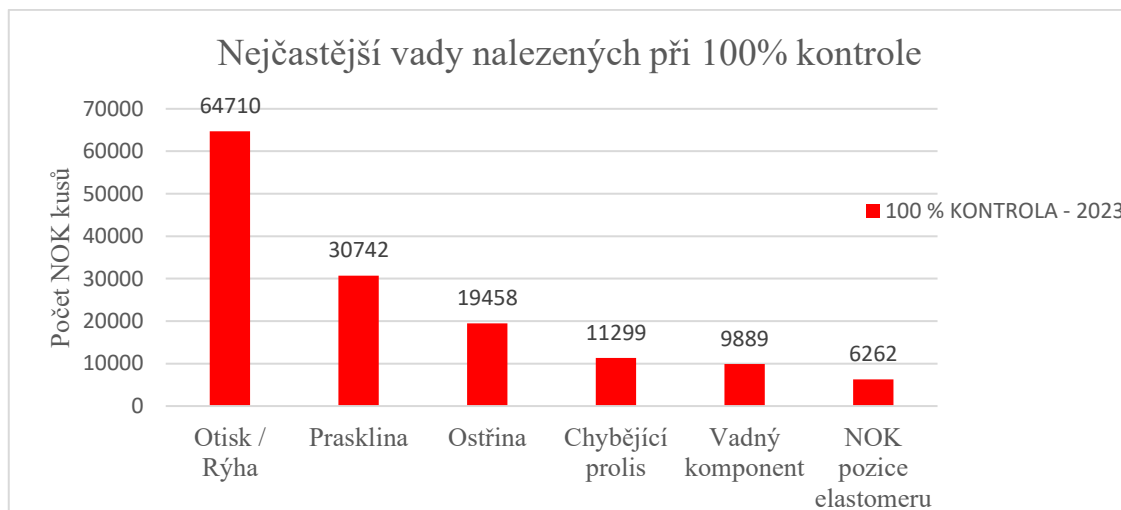
Pro analýzu zmetkovitosti byla převzata data za rok 2023 ze 100% kontroly, díky které jsou známy nejčastější vady. Nejvíce se to týká spon PPV, P2PV a lis Aut B neboli VUR spon, vyráběných převážně na zkoumaných automatech. Tato kapitola se tedy na rozdíl od předešlé více zaměří na tyto produkty. Kontrola byla zavedena z důvodu reklamací produktů. Jsou to vady, které jdou špatně detekovat. Proto se každý díl ještě zvlášť musel překontrolovat.



Obr. 42.: Graf 100 % kontroly vyráběných skupin produktů za rok 2023

Kontroly byly zavedeny z důvodu reklamací produktů. Jsou to vady, které jdou většinou špatně detekovat přímo při výrobě.

Nejčastěji byly tyto vady detekovány na postupovém lisu AIDA, na kterém se vyrábí převážně produkt PPV nebo jsou to automaty pro VUR. Nejčastější vady nalezené na 100 % kontrole jsou na Obr. 43.



Obr. 43.: Graf poukazující na nejčastější vady nalezených při 100 % kontrole
 Nejčastějšími chybami při výrobě produktů PPV jsou otisky/rýhy nebo vznik prasklin na produktech VUR.

11.1 PPV – otisková vada.

Jednou z vad zmíněných v předešlém grafu je otisk/rýha. Týká se to spon PPV. Na Obr. 44. je tato vada znázorněna.



Obr. 44.: NOK kus produktu PPV s otiskovou vadou

11.1.1 Diagram Ishikawa

Pomocí diagramu Ishikawa se určí kořenová příčina. U diagramu se vzalo v úvahu vše, co by mohlo vznik rýhy ovlivnit. Hlavou digramu je problém – rýha. Zkoumanými oblastmi je člověk, metoda, měření, stroj, nástroj a materiál.



Obr. 45.: Diagram Ishikawa pro sponu PPV.

Jakmile byl diagram vypracován, začalo zkoumání. Levý sloupec v Tab. 8. ukazuje na možný problém, zmíněný Ishikawou. Prostřední sloupec zkoumá tento problém a udává jeho řešení. Pravý sloupec rozhoduje o tom, zda je tedy příčinou vzniku vady.

Tab. 8.: Rozbor Ishikawa diagramu spony PPV

Problém	Člověk – vyšetřování	Rozhodnutí
Seřizovač – Nedostatečné proškolení.	Seřizovač musí být proškolen, aby mohl správně seřadit stroj.	Není příčinou.
Operátor – Nedostatečné proškolení obsluhy stroje.	Operátor musí být proškolen, aby mohl správně obsluhovat stroj a dodržovat 5S.	Není příčinou.
Nástrojář – Nedostatečné proškolení.	Nástrojář musí být proškolen natolik, aby probíhala pravidelná údržba nástroje.	Není příčinou.
Údržbář – Nedostatečné proškolení.	Údržbář musí být proškolen ke správné a pravidelné údržbě stroje.	Není příčinou.
Problém	Metoda – vyšetřování	Rozhodnutí
Nedostatečné mazání tvarování dř.	Změna nebo přidání mazacího systému pro tvarování dř.	Příspívá k problému.
Nedostatečný návod k údržbě nástroje.	Revize návodu a jeho aktualizace a následné proškolení nástrojáře.	Příspívá k problému.
Nedostatečný návod k údržbě stroje.	Revize návodu a jeho aktualizace a následné proškolení údržbáře.	Není příčinou.
Nedostatečná kontrola výroby.	Předpis pro pravidelnou kontrolu výrobků a následné proškolení obsluhy nebo teamleadera.	Příspívá k problému.
Nedostatečný návod k obsluze stroje.	Revize návodu a jeho aktualizace a následné proškolení obsluhy.	Příspívá k problému.
Problém	Nástroj – vyšetřování	Rozhodnutí
Nevhodně zvolený design nástroje.	Změna designu nástroje.	Není příčinou.

Nevyhovující jakost nástroje.	Přešetření nebo povlakování nástroje.	Přispívá k problému.
Problém	Měření – vyšetřování	Rozhodnutí
Nakupovaný nástroj neodpovídá specifikacím.	Validace nástroje.	Není příčinou.
Problém	Stroj – vyšetřování	Rozhodnutí
Odpad z procesu se zasekává ve stroji.	Přidáním ofukovacích systémů zamezí, aby úlomky zůstávaly ve stroji.	Je příčinou.
Nedostatečný výkon stroje.	Zvýšení výkonu stroje nebo pořízení nového, tak aby zvládl výrobu produktu.	Není příčinou.
Problém	Materiál – vyšetřování	Rozhodnutí
Vlastnosti pásové oceli neodpovídají předepsaným vlastnostem.	Reklamacce dodavateli materiálu.	Není příčinou.
Materiál nástroje nesplňuje specifikace pro tváření dané oceli.	Změna materiálu nástroje.	Není příčinou.

Nalezených kořenových příčin je mnoho. Provedením 5 × proč se znova provede analýza, kterou ověřím moje rozhodnutí.

11.1.2 Metoda 5× Proč spony PPV

Pro metodu 5 × se musíme ptát, proč došlo k vytvoření zmíněné vady až se otázkami proč, dostaneme k nalezení kořenové příčiny.

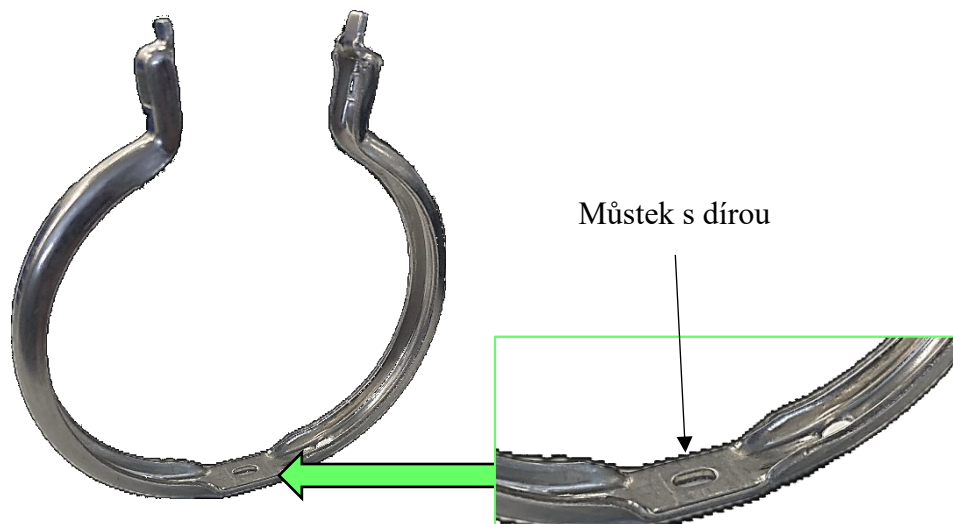


Obr. 46.: 5× proč pro nalezení kořenové příčiny vytvoření rýhy na produktu PPV

Hlavní příčinou vzniku otlaků je přilepení úlomku k razníku. Toto přilepení se stalo v souvislosti s nedostatečným mazáním děr. K vytváření otlaků také přispívá vysoká drsnost nástroje, proto musí být pravidelné čištění nástroje, případně jeho leštění, či povlakování.

Obsluha stroje musí poznat, kdy se vytváří otisk na produktu a následně být schopna problém řešit.

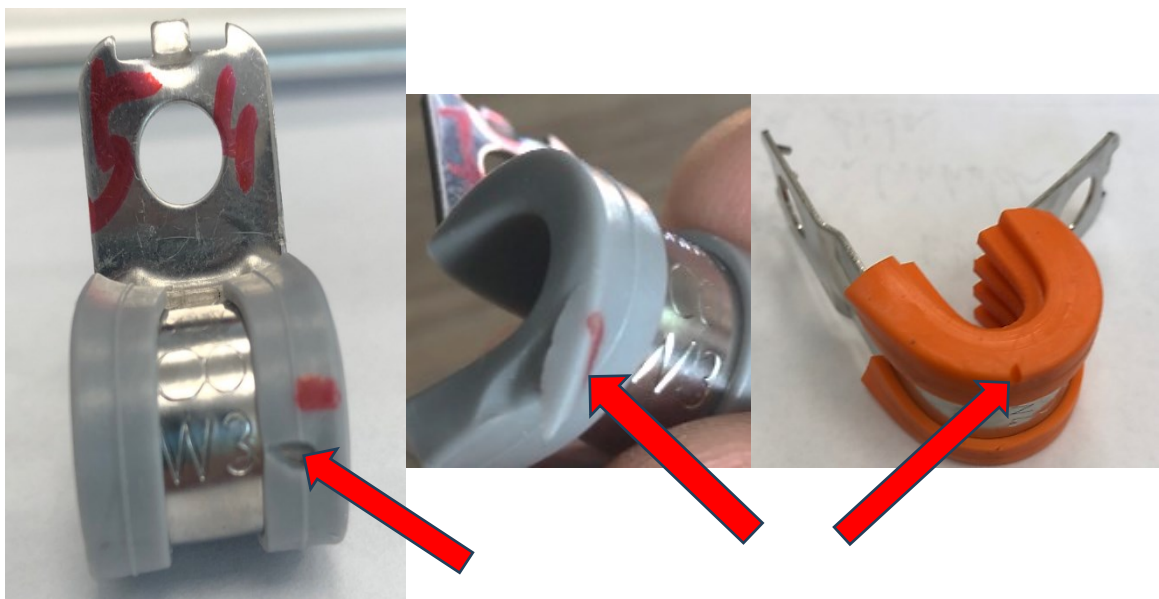
Na Obr. 47. je spona PPV s detailem můstkového otvoru. Kovový úlomek z této díry se přilepil k razníku a poté spadl do celého systému, kdy tvořil na produktech otlaky.



Obr. 47.: Spona PPV s detailem můstku s dírou

11.2 VUR – Prasklina

Nejčastějším problémem u spony VUR je vznik prasklin na elastomeru. Příčinu vzniku bude zkoumat stejně jako u předešlého problému diagram Ishikawa.

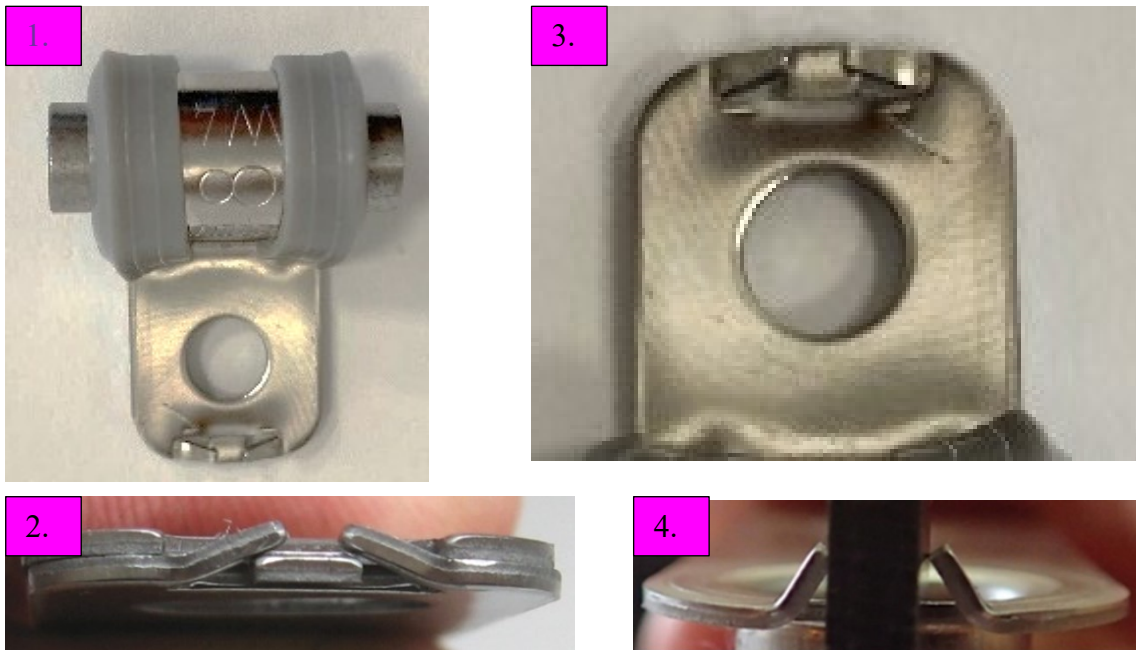


Obr. 48.: Prasklina na produktech VUR

Nesprávná manipulace s hotovými díly.	Proškolení obsluhy, skladníka a operátora balení pro jemné manipulování s hotovými díly.	Příspívá k problému.
Balení	Změna balení, tak aby nedocházelo ke tření produktů	
Problém	Prostředí – vyšetřování	Rozhodnutí
Nedodržení 5S	Proškolení operátora pro dodržení 5S pracoviště.	Není příčinou.
Transport	Změnou balení se zamezí vzájemnému tření a nárazům spon o sebe a tím i jejich poškození.	Příspívá k problému.
Problém	Stroj /nástroj – vyšetřování	Rozhodnutí
Odvíječ elastomeru nepracuje plynule.	Revize nebo přenastavení odvíjecího zařízení pro plynulý chod automatu.	Není příčinou.
Navlékání elastomeru.	Navlékací vidlice pro elastomer je pravidelně čištěna.	Není příčinou
Stočení spony.	Pravidelná údržba a výměna stáčecího trnu.	Není příčinou
Doražení elastomeru.	Doražení elastomeru nevytváří žádné deformace na elastomeru.	Není příčinou.
Doprava hotové spony do boxu.	Výška dopadu spony do boxu je vhodně zvolená, aby nemohlo dojít k prasklinám.	Příspívá k problému.
Problém	Materiál – vyšetřování	Rozhodnutí
Vlastnosti elastomeru neodpovídají předepsaným vlastnostem.	Reklamacce dodavateli materiálu.	Není příčinou.
Převulkanizovaný materiál	Zacházení s elastomerem musí být za dodržení správných podmínek, aby nedocházelo k vulkanizaci.	Není příčinou.
Degradace elastomeru vlivem emulze.	Změna mazacího média pro elastomer.	Není příčinou.

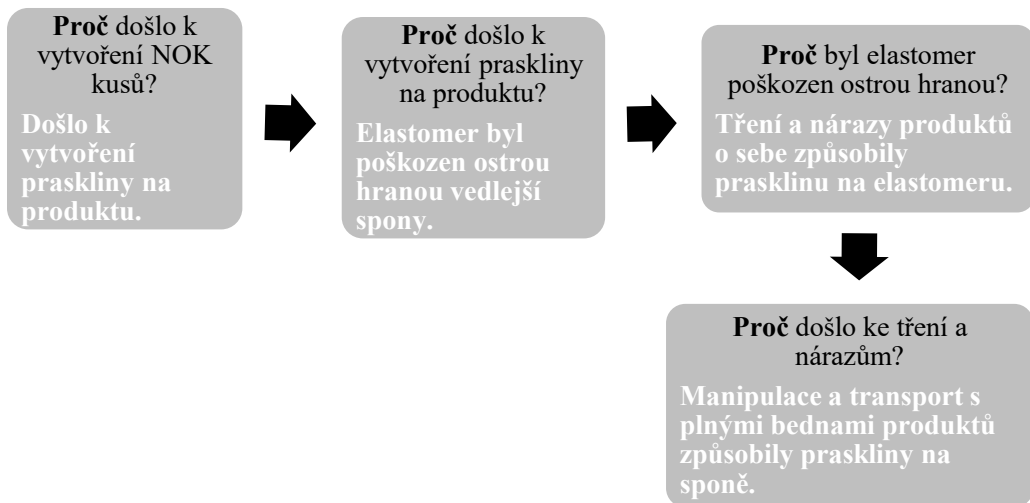
Hlavní kořenovou příčinu vzniku prasklin bylo těžké odhalit. S velkou pravděpodobností se nejedná o výrobní problém, jelikož se praskliny tvoří na různých místech. Odpovídají tomu i data, kdy byly praskliny odhaleny rovněž u ruční výroby, a ne jenom při výrobě na automatech. Domnívám se, že se jedná o vadu způsobenou transportem a manipulací. Ostré hrany produktu vzájemně o sebe třou a naráží a tím vznikají praskliny. Problémy přispívající k tvorbě prasklin mohou být při dopravě hotové spony do boxu, kdy z automatu padají do bedny. Výška dopadu spony může mít za následek tvorbu praskliny. Zároveň to může být manipulací při 100 % kontrole, kdy se plná bedna kusů vezme, vysype na stůl a dochází k vizuální kontrole. Poté se produkt znovu nasype do beden a přesune se na balení, kdy může dojít k prasklině při převozu k balicímu místu. Poté nastává další manipulace, kdy se spony balí. Po balení pokračují na expedici. I po odhalení 100% kontroly dochází k reklamacím, kdy zákazníci na produktech praskliny najdou.

Na Obr. 50. je spona ukázána, kdy na prvním obrázku je fotka spony při zacvaknutí čelistí. Další obrázky poukazují na ostré hrany produktu související se zamykáním.



Obr. 50.: Ostré hrany produktu

11.2.2 Metoda 5× Proč spony VUR



Obr. 51.: 5× proč pro nalezení kořenové příčiny vytvoření praskliny na produktu VUR

Z analýz vyplývá, že by kořenovou příčinou měla být manipulace se sponami a jejich transport.

12 REVIZE PFMEA

Pro všechny 4 typy produktu byla zpracována revize PFMEA, kdy pro snížení hodnot RPN byly navrženy změny. Revize by měla probíhat vždy při vzniku různých vad majících za následek reklamace produktu. V průmyslovém prostředí to funguje tak, že zákazník potřebuje vidět procesní změny a snahu firmy předejít reklamacím. V této společnosti je zákazníkovi poskytnut Ishikawa diagram a následná revize PFMEA.

12.1 Otisk VUR

Otisk způsobený zasekávajícím odpadem v nástroji zmíněný v přechozí kapitole byl revidován a zahrnut do PFMEA následovně:

Funkce: funkcí produktu je těsnost tlaku mezi výfukovým potrubím a turbochargerem.

Systémový element: operace stříhání a značení.

Možné chyby: deformace povrchu spon.

Možný následek chyb: mohou nastat dvě varianty.

- Nemá vliv na funkci produktu, pouze se jedná o kosmetickou vadu.
- Deformace otvoru pro šroub brání jeho zasazení. Spona je nefunkční.

Možná příčina chyb: přilepení kovového úlomku na nástroj.

Aktuální preventivní opatření: zavedení vizuální 100% kontroly na produktu.

Aktuální opatření detekce: vizuální kontrola dílu operátorem na přítomnost otlaků, prasklin, ostřin na začátku a na konci výrobní zakázky, na začátku směny, při výměně šarže materiálu a po každém přenastavení.

Doporučená opatření:

- přidání mazacího a ofukovacího systému. Revize návodu a jeho aktualizace a následně proškolení nástrojáře a obsluhy.
- Přidání 3D kamer do všech sekcí nástroje.

Tabulkové schéma PFMEA pro otisk spony PPV je v příloze P V. Doporučená opatření budou více popsána v následujících kapitolách. Rovněž nebyly uvedeny hodnoty RPN, ale je důležité si říct, že pomocí doporučených opatření se tato hodnota sníží.

12.2 Prasklina VUR

Pomocí Ishikawa diagramu byla zpracována PFMEA pro vytváření praskliny na produktu VUR. I když se zatím nepodařilo nalézt kořenovou příčinu, tak se do revize PFMEA vloží doporučená opatření a kroky, které mohou prasklinám zabránit. Byla provedena revize u procesních kroků: doprava spony do boxu, balení a expedice. V této kapitole bude zmíněno pouze balení, kompletní revize PFMEA je v příloze P VI.

Funkce: funkcí spony je přichycení elektrické kabeláže ke karoserii automobilu.

Systémový element: balení spon.

Možné chyby: výskyt prasklin na elastomeru produktu.

Možný následek chyb: mohou nastat 2 varianty.

- Plní svou funkci. Jedná se o nesplnění kvalitativních standardů.
- Elastomer je poškozený tak, že spona neplní svou funkci.

Možná příčina chyb: může být způsobeno jednou z možných příčin nebo kombinací.

- nevyhovující balení má za následek tření mezi produkty a tím způsobené deformace na elastomeru.
- nedbalé zacházení se sponami při balení.

Aktuální preventivní opatření: není zavedeno.

Aktuální opatření detekce: po zabalení nelze již detekovat.

Doporučená opatření:

- transportní test s využitím změny balení.
- Předpis a následné proškolení operátora balení.

Tato revize tedy nezamezí zmíněným prasklinám. Pouze reviduje změnu v nálezů kořenových příčin pomocí doporučených opatření.

13 NÁVRH PROCESNÍCH ÚPRAV PRO ELIMINACI ODPADU A ZMETKOVITOSTI

Pomocí předešlého zkoumání byly navrženy procesní úpravy pro eliminaci odpadu a zmetkovitosti následovně.

13.1 PID

Při výrobě spony PID nedochází k častým produkcím NOK kusů. Hlavním problémem je vznik velkého množství odpadu při výrobě spony. Byly navrženy procesní změny, a to především u skladování materiálu. Při skladování často dochází k nedbalému zacházení s pásovinou. Jelikož pásovina vyčnívá ven z palety, tak při manipulaci dochází k nárazům do pásovin. Proto byla navržena opatření pro jejich zamezení, a to v revizi předpisů pro manipulaci a skladování pásovin. Rovněž bylo navrženo, aby při svařování upínacích hlav byly přidány senzory kvality svaru s využitím PLC kontroléru. Díky tomu nebude třeba každé 2 hodiny podrobovat 14 kusů testu svaru, což vytváření odpadu sníží. V poslední řadě bylo navrženo, aby při osazení gumy byl přidán mechanický snímač výšky, který upozorní, pokud je elastomer nasazen do spony nesprávně.

Tab. 10.: Výstřižek z FMEA pro sponu PID s doporučenými opatřeními pro zamezení tvorby odpadu

Proces	Chyba	Příčina chyby	Doporučená opatření
Skladování materiálu	Deformace pásoviny	Nedbalé zacházení s pásovinou při skladování nebo převozu na pracovní stanoviště.	Revize předpisu a následné proškolení skladu pro opatrnější manipulaci a převozem pásoviny.
Svařování	Nedostatečná pevnost svaru.	Opotřebením elektrod. Nebo je nedostatečné vedení proudu v elektrodě.	Senzory kvality svaru s využitím PLC kontroléru.
Osazení gumou	Elastomer vyčnívá ze spony	Podavač elastomeru zajistil, že elastomer vyčnívá do vrchu spony.	Senzor snímající výšku produktu.

13.2 RGF

Pro linku na děrování, stříh a profilování RGF byly navrženy procesní změny u tvarování bočních hran. Přidáním podpurných válců mezi lemovací a stříhací stanici dojde

k menšímu napětí v materiálu. Díky tomu se nebude plech o menších tloušťkách tolik prohýbat a lem se tak bude moci lépe tvarovat.

Tab. 11.: Výstřižek z FMEA pro linku RGF s doporučenými opatřeními pro zamezení tvorby odpadu

Proces	Chyba	Příčina chyby	Doporučená opatření
Tvarování bočních hran	Nesprávně tvarovaný lem	Nesprávné nastavení stroje.	Konstrukce podpůrných válců mezi lemovací a stříhací stanicí, tak aby nedocházelo k deformaci pásoviny.

I přesto toto řešení není dostatečné. V kapitole 10.4.2 se zkoumalo OEE zmíněné linky. Hodnota OEE byla pouhých 8 %. Tato skutečnost vedla k zamyšlení, zda je vhodná výroba přístříhu na zmíněném stroji. Návrhem je tedy změna technologie výroby. Touto změnou by bylo laserové CNC od společnosti Canmet. Díky této technologii je nastavení bez jakéhokoliv odpadu (kromě technického). Zároveň nedochází k dlouhým odstávkám stroje při jeho nastavení. Stroj by se dal rovněž využít i na jiné produkty, než je spona RGF. Dokáže obrábět nerezové oceli o tloušťce 15 mm, což splňuje kritéria pro sponu RGF.



Obr. 52.: eVision – Dynamické a univerzální laserové centrum [28]

Pro tvorbu lemu bylo navrženo pořízení CNC ohraňovacího lisu od stejné společnosti.



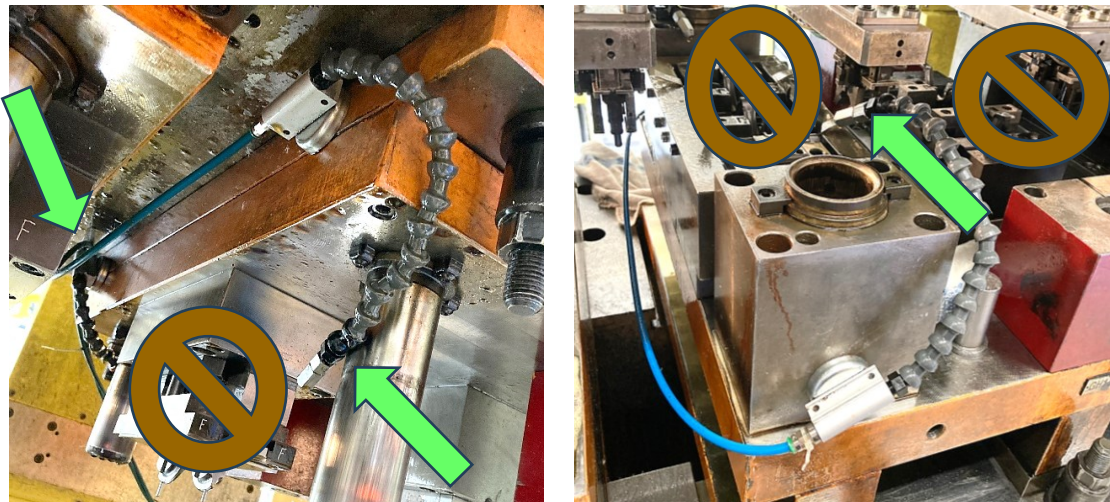
Obr. 53.: Ohraňovací lis společnosti Canmet – E-Brake Ultra [28]

13.3 PPV

Kvůli tvorbě otlaků byly navrženy procesní změny. Pro zamezení vytváření otlaků byl ke stroji přidán další mazací systém pro tvarování děr, a také ofukovací systémy, které při procesu zamezí kovovým úlomkům zůstat v systému. Byla navržena revize návodů k údržbě nástroje tak, aby se pravidelněji čistil a správně ukládal do regálů. Při zjištění nevyhovujícího povrchu musí být nástroj přešetřen. Zavedením pravidelných kontrol produktu dojde k rychlému odhalení a následnému zamezení vytvářejících se NOK kusů přímo při výrobě.

Ofukovací a mazací systémy jsou znázorněny na Obr. 54. zelenými šipkami. Lze vidět postupový nástroj, kdy jsou k němu připojeny hadice plněné mazacím olejem poháněné stlačeným vzduchem. Nebo jsou zde hadice připojené na stlačený vzduch. Ty mají za úkol ofoukávat odpad z děr do odpadní komory. Obrázek byl cenzurován tak, aby bylo zachováno firemní tajemství.

Rovněž bylo navrženo pořízení 3D kamer do všech sekcí tak, aby mohl být detekovatelný nepravidelný tvar spony a díky tomu došlo k odhalení otlaků. Všechna tato opatření jsou shrnuta ve PFMEA. Výstřižek z PFMEA ukazuje Tab. 12.



Obr. 54.: Ofukovací a mazací systémy pro zamezení vyvážení otlaků na produktu

Tab. 12.: Výstřižek z PFMEA pro výrobu spony PPV s doporučenými opatřeními pro zamezení tvorby otlaků

Proces	Chyba	Příčina chyby	Doporučená opatření
Operace stříhání +značení	Deformace povrchu spon	Přilepení kovového úloмку na nástroj.	Přidání mazacího a ofukovacího systému. Revize návodu a jeho aktualizace a následně proškolení nástrojáře a obsluhy.
			3D kamera do všech sekcí nástroje.

13.4 VUR

Přímou kořenovou příčinu se v době psaní této práce nepodařilo zjistit. Nicméně byly učiněny návrhy, jak kořenovou příčinu najít. Podle všeho jsou vzniklé praskliny způsobeny transportem a častou manipulací s produkty. Proto byla u jednoho z automatů snížena výška dopadu produktu ze stroje do bedny.

Byla navrženo, aby operace 100 % kontrola byla spojena s balením, čímž by se zamezilo vícero manipulací s produktem. Ovšem z kapacitních důvodů toto není možné.

Zároveň bylo doporučeno, aby u části výrobků proběhla 100% kontrola a balení, a druhá část byla zabalena bez 100 % kontroly. Krabice označené štítky byly následně transportovány do závodu v Číně, spadajícího pod NORMA GROUP. Závod v Číně byl zvolen pro velkou vzdálenost a proto, že se tam ve stejnou dobu posílaly i jiné produkty.

Výsledky zkoumání zde nebudou uvedeny, nicméně se firma rozhodla pro návrh řešení. V Číně budou díly překontrolovány 100 % kontrolou, takže bude známo, zda bude více nálezů prasklin na produktech, které podstoupily 100 % kontrolu u nás nebo jich bude stejně jako u těch, které nebyly kontrolovány. Popřípadě méně.

Díky tomu bude jasné, zda se tvoří praskliny hlavně při transportu anebo při manipulaci (100% kontrola a balení). Samozřejmě, u těchto typů produktu byla zavedena 100% kontrola kvůli častým nálezům. Je však zajímavé, že i po kontrole produktu reklamace pokračují. Otázka tedy zní, při jaké fázi se praskliny vytváří. Zda při kontrole, balení či transportu.

Rovněž bylo navrženo nové proškolení operátorů 100 % kontroly a balení tak, aby zacházeli s díly opatrněji. Pokud se budou praskliny vytvářet rovněž i transportem je otázkou, zda by se nemělo změnit balení. Což by ovšem znamenalo, že cena produktu razantně vzroste. To už by bylo na zákazníkovi, zda by dokázal změny balení se zvýšenou cenou akceptovat. Popřípadě se smířil s menším počtem nálezů. Jen pro upřesnění. I když je nálezů mnoho, pořád je to zhruba 0,5 % z celkové produkce kontrolovaných dílů a většina těchto produktů svou funkci plní. Pouze se jedná o kosmetickou vadu. Shrnutí těchto návrhů obsahuje Tab. 13.

Tab. 13.: Výstřižek z PFMEA pro výrobu spony VUR s doporučenými opatřeními pro zamezení tvorby prasklin

Proces	Chyba	Příčina chyby	Doporučená opatření
Doprava spony do boxu	Výskyt prasklin na elastomeru produktu	Výška dopadu z automatu do boxu zajistí, že ostré hrany produktu o sebe naráží a způsobují prasklin	Snížení výšky dopadu spon do boxu.
Balení	Výskyt prasklin na elastomeru produktu.	Nevyhovující balení má za následek tření mezi produkty a tím způsobené deformace na elastomeru.	Transportní test s využitím změny balení.
		Nedbalé zacházení se sponami při balení.	Předpis a následné proškolení operátora balení.
Expedice	Výskyt prasklin na elastomeru produktu.	Nedbalé zacházení se sponami při jejich převozu.	Předpis pro správnou manipulaci a převoz s plnými bednami a následné proškolení skladu.

14 NÁVRH ÚPRAVY SYSTÉMOVÝCH DAT PRO KOVOVÝ ODPAD

Do ERP byly zadané hodnoty vypočítaného odpadu. Tab. 14. porovnává systémové nastavení kovového odpadu před změnami a po změnách. Pro spotřebu materiálu na 100 kusů jsou velice vidět rozdíly. Kdy se dosahuje hodnot až o 161 % větší spotřeby, než bylo nastaveno před změnami. Je ale nutné se zamyslet, jaký vliv má na toto porovnání konstantní odpad. Pokud se vezme kategorie RGF. Velikost zakázky bývá v řádech stovek kusů, proto je rozdíl ve spotřebě oproti původnímu nastavení opravdu výrazný, a to hlavně z důvodu zmíněného konstantního odpadu. Produkt PID má velikosti zakázek v řádech 1000 kusů, což tedy znamená, že rozdíl ve spotřebě není tak znát. Nejvíce je to znát u průměru 50 mm. Záporné hodnoty procent ukazují, že předešlé nastavení odpadu je v těchto řádech vyšší než při novém nastavení. Zajímavých výsledků se nám dostává u spon PPV, které jsou rovněž vyráběné v řádech 1000 – 10 000 kusů. Kdy největší změna ve spotřebě materiálu nastává u průměru spony 31 mm. Při výrobě VUR se rovněž zaměřuje na data v řádech 1000 – 10 000 kusů, kdy je změna nastavení spotřeby zanedbatelná anebo menší, než bylo při předešlém nastavení.

Tab. 14.: Rozdíl spotřeby materiálu v ERP před výpočtem a po výpočtu odpadu.

Produkt	Průměr spony [mm]	Před [kg/100ks]	Po [kg/100ks]	Rozdíl pro 100 kusů [%]	Rozdíl pro 1000 kusů [%]	Rozdíl pro 10 000 kusů [%]
PID	50	3,95	5,32	34,8 %	5,2 %	2,2 %
	70	5,03	6,36	26,5 %	0,0 %	-2,7 %
	80	5,30	6,81	28,6 %	-0,3 %	-3,3 %
	100	7,83	10,34	32,0 %	3,0 %	0,1 %
	150	13,60	16,98	24,9 %	1,4 %	-0,9 %
RGF	30	11,00	14,03	27,5 %	5,9 %	3,6 %
	80	62	72,62	17,1 %	4,8 %	3,5 %
	180	266	310,64	16,8 %	4,8 %	4,1 %
	225	369,68	430,46	16,4 %	5,9 %	4,6 %
	609	846,00	952,05	12,5 %	4,7 %	3,8 %
PPV	31	2,15	3,90	81,4 %	10,8 %	3,6 %
	37	4,3	7,74	80,0 %	8,8 %	1,7 %
	50	5,03	9,14	81,8 %	10,2 %	3,0 %
	55	2,6	6,79	161,2 %	17,2 %	2,8 %
	82	6,45	7,10	10,1 %	1,1 %	0,2 %
VUR	20	1,04	1,79	72,5 %	4,0 %	-2,9 %
	28	1,35	2,04	50,8 %	1,2 %	-3,9 %
	40	1,8334	2,59	41,1 %	2,3 %	-1,6 %
	50	2,12	2,92	37,5 %	4,0 %	0,6 %
	60	4,3559	5,61	28,7 %	1,6 %	-1,1 %

Nicméně záporná data neznamení, že by bylo nové nastavení nesprávné. Poukazují na to, že původní nastavení neodpovídalo skutečné spotřebě materiálu. Veliká změna je u produktů RGF, kdy je spotřeba materiálu daleko vyšší, než byla nastavena původně, což bude mít za následek zvýšení ceny produktu tak, aby v ceně spon byly i nastavovací kusy. V menším vlivu je tato změna znát i na produktech PPV.

15 FINANČNÍ VYHODNOCENÍ ÚPRAV PRO CENU VÝROBKU

Finanční vyhodnocení se bude skládat ze dvou částí. Jedná se o změnu ceny produktu v systému ERP s nastaveným odpadem. Druhou částí je kalkulace navrhovaných procesních změn pro eliminaci odpadu nebo zmetkovitost.

15.1 Nové nastavení odpadu v ERP

Do systému D365 byly přidány hodnoty počítaných odpadů. Byla provedena kalkulace cen nákladů. Tyto ceny byly porovnány s původním nastavením při stejné hodnotě materiálu, práce a jiných možných vlivů. Pouze s tím rozdílem, že je jinak nastaven odpad v podobě technického, konstantního a variabilního odpadu. V Tab. 15. je uveden procentuální rozdíl cen u vybraných produktů. U spon PID, PPV a VUR byly ceny zvýšeny od 5 do 21 %. Tím byl vzniklý odpad, jenž je nezbytnou součástí výroby konečně zahrnut do ceny produktu tak, aby náklady na něj nezůstaly na bedrech výrobce.

Tab. 15. Procentuální rozdíl cen v ERP původního nastavení a nového pro vybrané produkty spony PID, PPV a VUR

Typ spony	Průměr spony	Rozdíl cen původní vs nová [%]
PID	50	+10 %
	70	+9 %
	80	+9 %
	100	+8 %
	150	+11 %
PPV	31	+20 %
	17	+21 %
	50	+5 %
	59	+19 %
	82	+5 %
VUR	20	+18 %
	28	+9 %
	40	+11 %
	50	+10 %
	60	+9 %

S produktem RGF to bylo složitější, jelikož bylo více operací vstupujících do výroby jednoho produktu. Proto byla vypracována kalkulace na každou z operací zvlášť s nastaveným odpadem a bez nastaveného odpadu. Rozdíl těchto v nastavení lze vidět v Tab. 16. V této tabulce jsou vybrané produkty rozdílných průměrů a jejich cenový

procentuální rozdíl s původním nastavením a nově spočítaným. I když při první operaci výroby přístřihu je cenový rozdíl až 20 %, je tento rozdíl u hotové spony (operace montáž) pouze 1 %. Tato skutečnost ale nic nemění. Pouze ukazuje to, že nejdražší na sponě jsou další díly jako čepy, šrouby, těsnění a kroužky a vlastní operace montáž, při které je spona kompletně složena.

Tab. 16...: Procentuální rozdíl cen v ERP původního nastavení a nového pro vybrané produkty spony RGF

Typ spony	Průměr spony	Rozdíl původní vs nová při operaci výroby přístřihu [%]	Rozdíl původní vs nová při operaci stáčení [%]	Rozdíl původní vs nová při operaci svařování [%]	Rozdíl původní vs nová při operaci montáž [%]
RGF	30	+20 %	+16 %	+8 %	+1 %
	80	+15 %	+11 %	+9 %	+3 %
	180	+10 %	+15 %	+8 %	+3 %
	225	+10 %	+15 %	+10 %	+3 %
	609	+7 %	+12 %	+10 %	+4 %

Lze tedy vidět, že se zkoumání a celková práce vyplatila. Nové nastavení v systému ušetří firmě nemalé peníze.

15.2 Kalkulace navrhovaných procesních změn pro eliminaci odpadu nebo zmetkovitost.

Tato kalkulační procesních změn je hrubý odhad. Je třeba zdůraznit, že firma vyrábí tisíce různých druhů spon. Jen u RGF je to 220 různých druhů průměrů spon s odlišnými komponenty, což vytváří spousty produktů. Zároveň se některé vyrábí ve velmi malém množství, případně jednou za několik let. Tím je prakticky vyloučeno vytvořit roční kalkulaci pro každou jednotlivou sponu zvlášť. Proto byla kalkulace provedena z průměrných cen skupin produktů. Současně se vypočítal roční odpad při výrobě včetně NOK kusů za pomoci odepsaných kusů ze systému ERP, kdy se tento počet kusů vynásobil průměrnou cenou. Data ze systému mohou být zkreslená. Důvodem je lidský faktor, kdy zápis do systému operátoři mohou, ale také nemusí provádět pravdivě. Investice za nápravnou akci jsou rovněž hrubým odhadem. Kdy je pouze vzata pořizovací cena za procesní změnu, ale nebyla brána v potaz lidská práce za implementaci, ztráta zisku za odstavení stroje a další. Přesto je z výpočtu vidět, že se některé navrhované změny firmě vyplatí. Například zavedení ofukovacích a mazacích systémů, jejichž investice se vrátí za půl roku, sníží odhadem zmetkovitost o 40 %. Tato změna již byla ve firmě provedena.

Další investicí u spon PID by mohlo být pořízení výškového senzoru s návratností pár měsíců. Bylo zmíněno, že linka na výrobu přístřihů RGF je velice neefektivní. Byly navrženy změny v podobě ohraňovacího lisu a laserového centra. Jestliže firma počítá se stejnou každoroční produkcí, bylo by pořízení laserového centra nadbytečné. Pokud by stačilo pouze pozměnit linku s tím, že by se vytváření lemu na produktu přesunulo na ohraňovací lis. Zvýšila by se efektivita zařízení a stačil by jednosměrný provoz a množství odpadu by se razantně snížilo. Proto je investice 1,4 let na zvážení.

Tab. 17.: Tabulka návratnosti za navrhované procesní změny

Typ spony	Nápravná akce	Investice [CZK]	Roční objem kusů	Roční odpad včetně nok kusů [CZK]	Úspora za odpad [CZK]	Zefektivnění procesu – úspora [CZK]	Návratnost [rok]
PID	PLC Kontrolér	1 500 000	1 290 454	2 167 320	1 083 660	-	1,4
PID	Výškový senzor	20 000	1 290 454		216 732	-	0,1
RGF	Ohraňovací lis	5 500 000	1 894 095	5 620 516	3 372 310	480 000	1,4
RGF	Laserové centrum	15 000 000	1 894 095		1 686 155	480 000	6,9
RGF	Podpůrné válce	10 000	1 894 095		112 410	-	0,1
PPV	Ofukovací a mazací systémy	150 000	46 773 892	682 970	273 188	-	0,549
PPV	3D kamera do všech sekcí	1 500 000	46 773 892		-	480 000	3,13

Tato práce navrhuje některá procesní řešení eliminace odpadu a zmetkovitosti. Je čistě na managementu firmy, jakou cestu zvolí, pro jaké řešení se rozhodne. V případě konečného rozhodnutí se může provést celková kalkulace přesněji se všemi proměnnými.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá určením odpadního množství oceli u výroby spojovacích komponentů ve společnosti Norma Czech. Práce je rozdělena na dvě části, a to na teoretickou a praktickou.

Úvodní kapitoly teoretické části se zabývají procesem tváření za studena, kdy se při výrobě spojovacích komponentů využívá plošného tváření. Další kapitoly seznamují s Lean metodami automobilovými standardy, které se při vypracování praktické části používaly. Jsou to například procesní diagram nebo FMEA. Pokračující kapitolou je kovový odpad, který lze u plošného tváření vidět v podobě technického odpadu, plánovaného odpadu a v podobě zmetků. Poslední kapitoly popisují cloudový program Dynamics 365. Tento systém ERP je využíván ve firmě NORMA Czech. Práce s tímto systémem byla důležitá pro tvorbu praktické části. Jsou v něm vysvětleny systémové funkce, které zahrnují zmíněný kovový odpad.

Praktická část diplomové práce se zaměřuje na analýzu odpadu a zmetkovitost ve výrobě kovových spojovacích komponentů, konkrétně spon PID, RGF, PPV a VUR. Tato část se věnuje zkoumání stávajícího stavu výroby, identifikaci klíčových zdrojů odpadu a následnému návrhu úprav pro optimalizaci výroby.

V úvodní kapitole je popis výrobního portfolia společnosti Norma Group. Dále bylo prozkoumáno současné systémové nastavení odpadu v ERP. Práce pokračuje kapitolou analýzy stávajícího stavu, kdy bylo porovnáno množství odpadu vyprodukovaného oproti odepisovaným kusům. Následuje kapitola teoretické analýzy odpadu pro vybrané produkty. Kapitola se zabývá výpočtem odpadního množství, které vzniká při výrobě produktů PID a RGF. Je zde detailně popsána zmíněná výroba. Výstupem je výpočet variabilního a konstantního odpadu. Následující kapitola zkoumá, zda se hodnoty mnou vypočítaného odpadu oproti skutečnému výskytu odpadu neliší. Což se prakticky prokázalo. V kapitole se rovněž vyskytují hodnoty OEE, které poukazují na celkovou efektivitu výroby spon PID a RGF. Následují procesní diagramy k oběma zmíněným produktům, díky kterým mohla být vytvořena PFMEA. Ta poukazuje na každý proces, ve kterém může dojít k možné chybě a tím k vytvoření kovového odpadu.

Kapitola praktická analýza kořenových příčin zmetkovitosti zkoumá problematiku vytváření NOK kusů. Analyzuje typy produktů, u kterých dochází k největší zmetkovitosti. Zkoumá tedy produkty PPV, u nichž je nejčastější vadou tvorba otlaků. Zároveň zkoumá

produkty VUR, které mají jako nejčastější vadu prasklinu. Pro nalezení kořenových příčin je využito diagramu Ishikawa a 5× proč.

Dále práce pojednává o revizi PFMEA k produktům VUR A PPV, jelikož při vytváření zmetků musí být provedena revize pro zamezení vytváření NOK kusů. Následuje návrh procesních změn, které jsou spojeny jak s výskytem zmetkovitosti, tak i s výskytem odpadu. Jsou navrhnuty změny, které by měly pomoci regulovat vytváření zmetkovitosti a odpadu, jako například přidání mazacího a ofukovacího systému pro zamezení vytváření otlaků na produktu. Či přidání výškového senzoru pro detekci nesprávného nasazení elastomeru produktu PID.

Určené odpadní množství u produktů bylo zapsáno do ERP v podobě konstantního a variabilního odpadu. Toto nové nastavení bylo porovnáno s původním nastavením, kdy výsledky spotřeby materiálu prokázaly, že je původní nastavení nedostačující. Toto bylo hlavně prokázáno u spon RGF a PPV.

Poslední kapitolou je finanční vyhodnocení úprav u cen produktů. Odpad v podobě technického, variabilního a konstantního odpadu nastavený v ERP zvýšil náklady u některých produktů i o 20 %. Což může celkovou cenu výrobků razantním způsobem navýšit. **Firma tedy měla veliké finanční ztráty, jelikož nezahrnula do ceny produktu nastavovací a testovací kusy, které jsou nezbytné pro výrobu.** Poté byla provedena hrubá kalkulace procesních změn s jejich odhadovanou návratností.

V diplomové práci bylo obtížné seznámit s problematikou konkrétní firmy akademického čtenáře, proto může začátek praktické části budit dojem manuálu. Představení firmy a jejího portfolia bylo však nezbytné pro celkovou orientaci v práci. Zároveň bylo velkou zkušeností propojit odvětví kvality a procesu v jejich vzájemné návaznosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JANOVEC, Jiří; ZUNA, Petr a MACEK, Karel. Fyzikální metalurgie. Online. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2935-2. [cit. 2024-02-13].
- [2] ŽÍDEK, Milan. Metalurgická tvářitelnost ocelí za tepla a za studena. Praha: Aleko, 1995. ISBN 80-853-4145-X.
- [3] SEMIATIN, S.L. ASM HANDBOOK Metalworking: Sheet Forming. Online. 14B. ASM International, 2006. ISBN 978-0-87170-710-9. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.31399/asm.hb.v14b.9781627081863>. [cit. 2024-05-03].
- [4] DVOŘÁK, CSC., doc. Ing. Milan a CÍSAŘOVÁ, PH.D., Ing. Michaela. TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ: Studijní opory pro kombinované studium I. stupeň, 2. ročník. Online. In: . S. 89. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/ctt_technologie_tvareni_sylabus_dvorak_cisarova.pdf. [cit. 2024-02-14].
- [5] AUTOFORM TEAM. Deep drawing. Online. Dostupné z: <https://www.autoform.com>. [cit. 2024-02-14].
- [6] PATERMANN, Jiří. Lean dílenské řízení: Je čas změnit vaši dílnu. Grada, 2022. ISBN 978-80-271-3534-9. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/lean-dilenske-rizeni-11235/>.
- [7] SHARP, NEIL. What does the 5S methodology really mean? Online. 06 JUL, 2023n. 1. Dostupné z: <https://www.escatec.com/blog/what-does-the-5s-methodology-really-mean>. [cit. 2024-02-09].
- [8] HARPSTER, Richard A. AIAG VDA and SAE J1739 DFMEA Methods, Similarities, Differences and Impact on the Auto Industry. Online. 2022 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS). 2022, s. 1-6. ISBN 978-1-6654-2432-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/RAMS51457.2022.9893956>. [cit. 2024-02-08].
- [9] ALAGAPPAN, Ashok. What is Design Failure Mode and Effect Analysis (DFMEA)? Online. OCTOBER 25, 2023. Dostupné z: <https://www.ansys.com/blog/what-is-dfmea>. [cit. 2024-02-08].
- [10] ANDALES, Jairus. PFMEA: A Guide to Preventing Process Failures. Online. 28 Dec 2023n. 1. Dostupné z: <https://safetyculture.com/topics/pfmea/>. [cit. 2024-02-09].

- [11] CHOLT, Milan. TAKT TIME. Online. 2021. Dostupné z: <https://www.zlepsito.eu/l/takt-time/>. [cit. 2024-02-16].
- [12] FOGG, ERIC. TAKT TIME VS CYCLE TIME VS LEAD TIME | DEFINITIONS AND CALCULATIONS. Online. September 24, 2020. Dostupné z: <https://www.machinometrics.com/blog/takt-time-vs-cycle-time-vs-lead-time>. [cit. 2024-02-16].
- [13] R. TAGUE, Nancy. The Quality Toolbox. 2. ACQ Quality Press, 2004. ISBN 9781953079008.
- [14] CONSULTING COMPANY, Lean Six Sigma. Mapování procesu. Online. In: . Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/mapovani-procesu/>. [cit. 2024-02-16].
- [15] LÄÄTS, Martin. What Is OEE and How Does It Work? Online. April 10, 2023. Dostupné z: <https://evocon.com/articles/what-is-oee-and-how-does-it-work/>. [cit. 2024-02-16].
- [17] ENALPS. All About Ishikawa Diagram. Online. Dostupné z: <https://enlaps.io/us/guide/ishikawa-diagram.html>. [cit. 2024-02-17].
- [18] *Classification and rating of steel scrap using deep learning* [online]. August 2023 [cit. 2023-09-19]. Dostupné z: doi:10.1016
- [19] ELLOUZE, Dr. Wissem. *Zero Waste Programm, NORMA GROUP*. 2023.
- [20] Reducing steel scrap in fabrication of steel storage tanks [online]. 2020 [cit. 2023-09-19]. Dostupné z: doi:10.1088
- [21] SAP. Co je material requirements planning (MRP)? [online]. [cit. 2023-09-20]. Dostupné z: <https://www.sap.com/cz/products/erp/what-is-mrp.html>
- [22] HOORY, LEERON. ERP vs MRP: What's The Difference? Online. 2023, 12. května 2023 3:57. Dostupné z: <https://www.forbes.com/advisor/business/erp-vs-mrp/>. [cit. 2024-04-04].
- [23] SCARDINA, Jesse. *Microsoft Dynamics 365*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchcustomerexperience/definition/Microsoft-Dynamics-365>. [cit. 2023-09-25].
- [24] MICROSOFT. Microsoft Dynamics 365. Online. 2023. Dostupné z: <https://dynamics.microsoft.com/cs-cz/>. [cit. 2023-09-25].

[25] MITTEL, Diana. *Dynamics 365 modules: an overview of Microsoft's ERP and CRM solutions*. Online. Nov 26, 2020, Feb 16, 2023. Dostupné

z: <https://promx.net/en/2020/11/dynamics-365-modules-an-overview-of-microsofts-erp-and-crm-solutions/>. [cit. 2024-02-17].

[26] CONFIZ. Dynamics 365 vs. SAP: The ultimate battle of ERPs. Online. 2023, březen 2023. Dostupné z: <https://www.confiz.com/blog/dynamics-365-vs-sap>. [cit. 2023-09-26].

[27] MICROSOFT. Set up scrap to calculate raw material requirements. Online. 2023. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/en-us/dynamics365/supply-chain/master-planning/scrap-calculations>. [cit. 2024-02-17].

[28] CANMET. Technologie zpracování plechu pro vysokou efektivitu výroby. Online. Dostupné z: <https://www.canmet.eu/>. [cit. 2024-05-05].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FLD	Forming Limit Diagram
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
DFMEA	Design Failure Mode and Effect Analysis
PFMEA	Process Failure Mode and Effect Analysis
RPN	Risk Priority Number
Z	Závažnost
V	Výskyt
D	Detekce
OEE	Overall Equipment Effectiveness
MRP	Material requirements planning
ERP	Enterprise resource planning
D365	Dynamics 356
Q_m	Celkové množství materiálu pro danou zakázku
Q	Požadované množství vyrobených kusů
V_S	Variabilní odpad [%]
m_D	Velikost dávky udávané v kusovníku
K_S	Konstantní odpad
kg	kilogram
m	hmotnost
m_k	hmotnost jednoho kusu [kg]
l	délka přístřihu [mm]
t	tloušťka materiálu [mm]
b	šířka materiálu [mm]
ρ	hustota materiálu [kg/m ³]

m_{start}	Hmotnost odmotaného svitku [kg]
D	Vnější průměr svitku [mm]
m_r	Hmotnost nastavovacích kusů ražby [kg]
m_t	Hmotnost testovaných kusů [kg]
V_{S_z}	Variabilní odpad začátečního nastavení [%]
M	Hmotnost svitku [kg]
V_{sks}	Variabilní odpad konce svitku [%]
m_{ks}	Hmotnost konce svitku [kg]
V_{st}	Variabilní odpad testovaných kusů [%]
v_l	rychlost linky [kg/h]
ks	kus
mm	milimetr
h	hodina

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1.: Základní rozdělení procesu tváření [1]</i>	12
<i>Obr. 2.: Druhy stříhání plechů [4]</i>	13
<i>Obr. 3.: Princip přesného stříhání [4]</i>	14
<i>Obr. 4.: Rozdělení technologie tažení dle různých parametrů [5]</i>	15
<i>Obr. 5.: Proces hlubokého tažení [5]</i>	16
<i>Obr. 6.: Metoda 5S [7]</i>	18
<i>Obr. 7.: Finanční dopad při řešení nespolehlivosti produktu při jeho životním cyklu [9]</i>	20
<i>Obr. 8.: Procesy DFMEA [9]</i>	20
<i>Obr. 9.: Sedm kroků PFMEA [10]</i>	21
<i>Obr. 10.: Příklad vývojového diagramu „plavecké dráhy“ [14]</i>	24
<i>Obr. 11.: OEE [15]</i>	25
<i>Obr. 12.: Šablona Ishikawa diagramu [17]</i>	26
<i>Obr. 13.: Příklad použití 5× proč</i>	26
<i>Obr. 14.: Prístřihy produktů s jejich technickým odpadem.</i>	27
<i>Obr. 15.: Nastavovací a testovací odpad [19]</i>	28
<i>Obr. 16.: Moduly D365 [25]</i>	30
<i>Obr. 17.: Nastavení množství odpadu na kartě kusovníku v systému D365</i>	34
<i>Obr. 18.: Nastavení množství odpadu přímo dané suroviny nebo polotovaru</i>	34
<i>Obr. 19.: Nastavení procenta odpadu ve výrobní operaci</i>	35
<i>Obr. 20.: Příklad současného nastavení odpadu</i>	40
<i>Obr. 21.: Graf množství materiálu spotřebovaného za půl roku</i>	41
<i>Obr. 22.: Graf množství odepsaných kusů jednotlivých skupin vyráběných komponentů</i>	42
<i>Obr. 23.: Spona PID s popisem všech komponentů</i>	44
<i>Obr. 24.: Montážní automat PID s popisem stanic.</i>	45
<i>Obr. 25.: Hmotnost jednoho kusu</i>	46
<i>Obr. 26.: Odpad testovaných kusů</i>	47
<i>Obr. 27.: Spona RGF s popisem komponentů</i>	50
<i>Obr. 28.: Postup výroby spony RGF</i>	50
<i>Obr. 29.: Příklad technického odpadu výroby přístřihu pro sponu RGF</i>	51
<i>Obr. 30.: Postupné schéma výroby spony RGF s obrázky polotovarů a množstevním odpadem</i>	53
<i>Obr. 31.: Graf spotřeby materiálu, sloupec vpravo ukazuje skutečnou spotřebu a sloupec vlevo ukazuje spotřebu, s kterou se doposud počítalo</i>	54
<i>Obr. 32.: Příklad odepisování výrobní zakázky v D365</i>	55

<i>Obr. 33.: Procentuální rozdíl skučené spotřeby materiálu proti objednanému množství s nastaveným odpadem</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 34.: Graf procentuálního rozdílu mezi spočítanou, stávající a skutečnou spotřebou materiálu.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 35.: Graf průměrných hodnot variabilního odpadu u vyráběných produktů</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 36.: OEE pro automaty PID.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 37.: OEE linky na děrování, stříh a profilování RGF</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 38.: Procesní vývojový diagram pro sponu PID, část 1.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 39.: Procesní vývojový diagram pro sponu PID, část 2.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 40.: Procesní diagram linky na děrování, stříh a profilování RGF, část 1.....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 41.: Procesní diagram linky na děrování, stříh a profilování RGF, část 2.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 42.: Graf 100 % kontroly vyráběných skupin produktů za rok 2023</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 43.: Graf poukazující na nejčastější vady nalezených při 100 % kontrole</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 44.: NOK kus produktu PPV s otiskovou vadou.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 45.: Diagram Ishikawa pro sponu PPV.</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 46.: 5 × proč pro nalezení kořenové příčiny vytvoření rýhy na produktu PPV</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 47.: Spona PPV s detailem můstku s dírou</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 48.: Prasklina na produktech VUR</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 49.: Diagram Ishikawa pro sponu VUR.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 50.: Ostré hrany produktu</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 51.: 5 × proč pro nalezení kořenové příčiny vytvoření praskliny na produktu VUR.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 52.: eVision – Dynamické a univerzální laserové centrum [28]</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 53.: Ohraňovací lis společnosti Canmet – E-Brake Ultra [28]</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 54.: Ofukovací a mazací systémy pro zamezení vyvážení otlaků na produktu</i>	<i>81</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1.: Způsoby ohýbání [4]</i>	14
<i>Tab. 2.: Microsoft Dynamics 365 vs SAP [26]</i>	31
<i>Tab. 3.: Nežiskovější výrobky s jejich popisem</i>	43
<i>Tab. 4.: Počet nastavovacích kusů v závislosti na stroji a průměru spony</i>	47
<i>Tab. 5.: Průměrné hodnoty z deseti měření</i>	56
<i>Tab. 6.: Ukázka PFMEA pro proces osazení gumou automatu PID</i>	64
<i>Tab. 7.: Ukázka PFMEA pro proces tvarování bočních hran RGF</i>	67
<i>Tab. 8.: Rozbor Ishikawa diagramu spony PPV</i>	70
<i>Tab. 9.: Rozbor Ishikawa diagramu pro sponu VUR</i>	73
<i>Tab. 10.: Výstřižek z FMEA pro sponu PID s doporučenými opatřeními pro zamezení tvorby odpadu</i>	78
<i>Tab. 11.: Výstřižek z FMEA pro linku RGF s doporučenými opatřeními pro zamezení tvorby odpadu</i>	79
<i>Tab. 12.: Výstřižek z PFMEA pro výrobu spony PPV s doporučenými opatřeními pro zamezení tvorby otlaků</i>	81
<i>Tab. 13.: Výstřižek z PFMEA pro výrobu spony VUR s doporučenými opatřeními pro zamezení tvorby prasklin</i>	82
<i>Tab. 14.: Rozdíl spotřeby materiálu v ERP před výpočtem a po výpočtu odpadu.</i>	83
<i>Tab. 15. Procentuální rozdíl cen v ERP původního nastavení a nového pro vybrané produkty spony PID, PPV a VUR</i>	85
<i>Tab. 16.: Procentuální rozdíl cen v ERP původního nastavení a nového pro vybrané produkty spony RGF</i>	86
<i>Tab. 17.: Tabulka návratnosti za navrhované procesní změny</i>	87

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Nastavení odpadu v D365 v záložce BOM

Příloha P II: Nastavení odpadu přímo dané suroviny nebo polotovaru

Příloha P III: PFMEA pro výrobu spony PID na automatu

Příloha P IV: PFMEA pro výrobu přístřihu RGF

Příloha P V: PFMEA pro vznik otlaků produktu PPV

Příloha P VI: PFMEA pro vznik prasklin produktu VUR

PŘÍLOHA P I: NASTAVENÍ ODPADU V D365 V ZÁLOŽCE BOM

The screenshot displays the SAP D365FO PROD interface for configuring a Bill of Materials (BOM). The top navigation bar includes 'D365FO PROD', 'Product information management', 'Products', and 'Released products'. The main menu on the right contains 'BOM version', 'Bill of materials', and 'Options'. The central area shows the 'Bill of materials lines' table with the following data:

Item number	Configuration	Warehouse
20300750741		
100100000038		
10402720026		
10430700328		
Total		
6 rows		

The 'Edit BOM line' dialog is open, showing the 'Consumption calculation' tab. The 'Variable scrap' field is circled in red and contains the value 2.13. Other fields include 'Constant scrap' (1.3000), 'Consumption is' (Variable), and 'Formula' (Standard). The 'MEASUREMENT' section includes fields for Height, Width, Depth, and Density. The 'ROUNDING' section includes 'Rounding-up' (No) and 'Multiples'.

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are located at the bottom right of the dialog.

PŘÍLOHA P II: NASTAVENÍ ODPADU PŘÍMO DANÉ SUROVINY NEBO POLOTOVARU

D365FO PROD Product information management > Products > Released products 023

Released product details | Standard view

Číslo produktu : BD 0,5X43 1.4571

kg | None

Engineer

Auto-report as finished No

BOM unit
Kg

Constant scrap

Variable scrap

MEASUREMENT
Height
Width
Depth
Density

Costing level
2

Planning level
2

Cost calculation level

Product change
Associate with case
Add to case log

BOM
BOM versions
Designer
Where-used

View
Route

Product **Purchase** **Sell** **Manage inventory** **Engineer** **Plan** **Manage costs** **General** **Setup** **Options**

CALCULATION
Calculation group

PRODUCTION
Production pool
Production group
Property
Arrival

OTHER
Tool number
Prescribed supplier

FORMULA PLANNING
Production type
Property
Planning formula

QUALITY INTERFACE CASQ-IT
Transfer to SPC
Transfer to IG
CPC Machine number

Release to warehouse
Allow partial reservation
Planning group
Logistic pool

kg | None

PŘÍLOHA P III: PFMEA PRO VÝROBU SPONY PID NA AUTOMATU

TYP		PID															
STROJ		AUTOMAT PID															
FUNKCE	POŽADAVEK	MOŽNÉ CHYBY	MOŽNÝ NÁSLEDEK CHYB	Z	MOŽNÁ PŘÍČINA CHYB	AKTUÁLNÍ PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	V	OPATŘENÍ DETEKCE	D	RPN	DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	Z/T	VÝSLEDEK				
													PŘIJATÁ OPATŘENÍ	Z	V	D	RPN
Systémový element: skladování materiálu																	
Těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.	Degradace materiálu.	Ztráta mechanických vlastností.	Nevhodné skladování materiálu.	Skladování materiálu ve vhodném prostředí.	Vizuální kontrola vstupujících komponentů.												
	Deformace pásoviny.	Deformace pásoviny způsobující nesplnění kvalitativních standardů a zvýšení výrobních odpadů.	Nedbalé zacházení s pásovinou při skladování nebo převozu na pracovní stanoviště.	Nastavovací předpis a následné proškolení skladu a operátora.	Vizuální kontrola pásoviny, provádí se na začátku každé výrobní zakázky a při výměně svítku.						Revize předpisu a následné proškolení skladu pro opatrnější manipulaci a převozem pásoviny.						

FUNKCE	POŽADAVEK	MOŽNÉ CHYBY	MOŽNÝ NÁSLEDEK CHYB	Z	MOŽNÁ PŘÍČINA CHYB	AKTUÁLNÍ PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	V	OPATŘENÍ DETEKCE	D	RPN	DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	Z/T	VÝSLEDEK				
													PŘIJATÁ OPATŘENÍ	Z	V	D	RPN
Systémový element: odvíjení pásoviny																	
Těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.		Zkroucení pásoviny	Zastavení stroje a zvýšení odpadu.		Nedostatečné proškolení obsluhy.	Nastavovací předpis a následné proškolení skladu a operátora.		Vizuální kontrola pásoviny při odvíjecím procesu. Provádí se na začátku každé výrobní zakázky a při výměně svitku.									
		Přetržení pásoviny	Zastavení stroje a zvýšení odpadu.		Nedostatečné proškolení obsluhy.												
		Nahromadění materiálu	Hromadění materiálu způsobující zablokování stroje.		Nedostatečné proškolení obsluhy.												
Systémový element: označení produktu																	
Těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.		Nečitelné označení.	Na těsnost funkce nemá vliv. Pouze se jedná o vizuální vadu.		Opatřena nástroj pro ražbu.	Nastavovací předpis a následné proškolení operátora.		Vizuální kontrola nastavovacích kusů. Provádí se při nastavení výrobní zakázky a při každé výměně materiálu.									
		Nesprávně umístěná ražba	Na těsnost funkce nemá vliv. Pouze se jedná o vizuální vadu.		Nedostatečné proškolení obsluhy.												

FUNKCE	POŽADAVEK	MOŽNÉ CHYBY	MOŽNÝ NÁSLEDEK CHYB	Z	MOŽNÁ PŘÍČINA CHYB	AKTUÁLNÍ PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	V	OPATŘENÍ DETEKCE	D	RPN	DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	Z/T	VÝSLEDEK					
													PŘIJATÁ OPATŘENÍ	Z	V	D	RPN	
Systémový element: lisování pásku za studena																		
Těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.		Nesprávné rozměry polotovaru	Neúplné nebo nadměrné tvarování produktu, což má za následek neplnění funkce.		Nedostatečné proškolení obsluhy.	Nastavovací předpis a následné proškolení operátora.		Vizuální kontrola nastavovacích kusů. Provádí se při nastavení výrobní zakázky.										
Systémový element: Svařování																		
Těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.		Nedostatečná pevnost svaru.	Produkt neplní svou funkci.		Opořeben í elektrod. Nebo je nedostatečné vedení proudu v elektrodě.	Pravidelné provádění trhacích zkoušek, kdy se zaručí požadována pevnost svaru. Test probíhá na začátku výrobní zakázky a poté v pravidelném intervalu dvou hodin.		Vizuální kontrola nastavovacích kusů. Provádí se při nastavení výrobní zakázky a při každé výměně materiálu.			Senzory kvality svaru s využitím PLC kontrolér.							
		Nesprávné umístění svaru.	Produkt neplní svou funkci.		Nesprávné nastavení svařovací stanice.	Nastavovací předpis a následné proškolení operátora.		Vizuální kontrola nastavovacích kusů. Provádí se při nastavení výrobní zakázky.										

FUNKCE	POŽADAVEK	MOŽNÉ CHYBY	MOŽNÝ NÁSLEDEK CHYB	Z	MOŽNÁ PŘÍČINA CHYB	AKTUÁLNÍ PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	V	OPATŘENÍ DETEKCE	D	RPN	DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	Z/T	VÝSLEDEK				
													PŘIJATÁ OPATŘENÍ	Z	V	D	RP
Systémový element: Montáž spony																	
Těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.		Chybějící šroub nebo matice	Neplní svou funkci		Zaseknutí podavače nebo dopravníku .	Pokud dojde k zaseknutí podavače nebo dopravníku. Dojde k automatickému zastavení stroje.		Senzor dorazu u utahováku zajistí, že se stroj zastaví, pokud se šroub nenasadí.									
		Zničený závit na šroubu	Spona neplní svou funkci.		Přetažení šroubu.	Nastavovací předpis a následné proškolení operátora.		Senzor dorazu u utahováku zajistí, že se stroj zastaví, pokud se šroub nenasadí.									
Systémový element: Balení																	
Těsnost tlaku mezi trubkami vodního nebo odpadního potrubí.		Nesprávný počet kusu v balení.	Plní svou funkci, pouze nesplňuje standardy balení.		Počítadlo kusů je nesprávně nastaveno.	Kontrola balení na začátku výrobní zakázky operátorem.		Předpis pro správné nastavení počítadla a následné proškolení operátora.			Zavedení quality patrol, kdy dochází k namátkové kontrole balení na začátku výrobní zakázky.						

FUNKCE	POŽADAVEK	MOŽNÉ CHYBY	MOŽNÝ NÁSLEDEK CHYB	Z	MOŽNÁ PŘÍČINA CHYB	AKTUÁLNÍ PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	V	OPATŘENÍ DETEKCE	D	RPN	DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	Z/T	VÝSLEDEK				
													PŘIJATÁ OPATŘENÍ	Z	V	D	RP N
Systémový element: odvíjení pásoviny																	
Těsnost tlaku mezi trubkami plastového potrubí s kovovým potrubím.		Zkroucení pásoviny	Zastavení stroje a zvýšení odpadu.		Nedostatečné proškolení obsluhy.	Nastavovací předpis a následné proškolení skladu a operátora.		Vizuální kontrola pásoviny při odvíjecím procesu. Provádí se na začátku každé výrobní zakázky a při výměně svitku.									
		Přetržení pásoviny	Zastavení stroje a zvýšení odpadu.		Nedostatečné proškolení obsluhy.												
		Nahromadě ní materiálu	Hromadění materiálu způsobující zablokování stroje.		Nedostatečné proškolení obsluhy.												
Systémový element: rovnání pásoviny																	
Těsnost tlaku mezi trubkami plastového potrubí s kovovým potrubím.		Deformace pásoviny	Zastavení stroje a zvýšení odpadu.		Nesprávné nastavení rovnacího zařízení.	Nastavovací předpis a následné proškolení obsluhy.		Vizuální kontrola pásoviny při odvíjecím procesu. Provádí se na začátku každé výrobní zakázky a při výměně svitku.									
		Deformace pásoviny.	Zastavení stroje a zvýšení odpadu.		Porucha rovnacího zařízení.										Nastavovací předpis pro pravidelnou údržbu zařízení. Následné proškolení obsluhy, seřizovače a údržby.		

PŘÍLOHA P V: PFMEA PRO VZNIK OTLAKŮ PRODUKTU PPV

TYP		PV														
STROJ		AIDA 1 a AIDA 2														
FUNKCE	POŽADAVEK	MOŽNÉ CHYBY	MOŽNÝ NÁSLEDEK CHYB	Z	MOŽNÁ PŘÍČINA CHYB	AKTUÁLNÍ PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	V	OPATŘENÍ DETEKCE	D	RPN	DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	Z/T	VÝSLEDEK			
													PŘIJATÁ OPATŘENÍ	Z	V	D
Systémový element: Operace stříhání + značení																
Těsnost tlaku mezi výfukovým potrubím a turbochargerm.		Deformace povrchu spon.	Konstatování na těsnící funkci výrobku nemá vliv.		Přilepení kovového úlomku na nástroj.	Zavedení 100% vizuální kontroly produktu.		Vizuální kontrola dílu operátorem na přítomnost otlaků, prasklin, ostřin na začátku a na konci výrobní zakázky, na začátku směny, při výměně šarže materiálu a po každém přenastavení.			Přidání mazacího a ofukovacího systému. Revize návodu a jeho aktualizace a následně proškolení nástrojáře a obsluhy.					
			Deformace otvoru pro šroub brání jeho zasazení.													

Systémový element: Balení									
Přichycení elektrické kabeláže ke karoserii automobilu.		Výskyt prasklin na elastomeru produktu	Plní svou funkci. Jedná se o nesplnění kvalitativních standardů.	Nevyhovující balení má za následek, tření mezi produkty a tím způsobené deformace na elastomeru.					Transportní test s využitím změny balení
		Výskyt prasklin na elastomeru produktu	Elastomer je poškozený tak, že spona neplní svou funkci.						
		Výskyt prasklin na elastomeru produktu	Plní svou funkci. Jedná se o nesplnění kvalitativních standardů.	Nedbalé zacházení se sponami při balení.					Předpis a následné proškolení operátora balení.
Systémový element: Expedice									
Přichycení elektrické kabeláže ke karoserii automobilu.		Výskyt prasklin na elastomeru produktu	Plní svou funkci. Jedná se o nesplnění kvalitativních standardů.	Nedbalé zacházení se sponami při jejich převozu.	Zavedení 100% kontroly pro odhalení prasklin.			Vizuální kontrola operátorem 100% kontroly a operátorem balení.	Předpis pro správnou manipulaci a převoz s plnými bednami a následné proškolení skladu.
		Výskyt prasklin na elastomeru produktu	Elastomer je poškozený tak, že spona neplní svou funkci.						