

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza zmetkovitosti a návrh opatření ke zvýšení efektivnosti
ve vybrané společnosti

Autor: **Bc. Martin HAJNÝ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Pavel KOPEČEK, CSc.**

Akademický rok 2018/2019

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin HAJNÝ**
Osobní číslo: **S15N0071K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**
Název tématu: **Analýza zmetkovitosti a návrh opatření ke zvýšení
efektivnosti ve vybrané společnosti**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

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

1. Teoretická část - kvalita, zmetkovitost
2. Výrobek, výrobní základna
3. Rozbor a zhodnocení současného stavu
4. Vyhodnocení zmetkovitosti
5. Závěr a zhodnocení efektivnosti

Rozsah grafických prací: **0 výkresů**
Rozsah kvalifikační práce: **50 - 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **Staněk, J., Němejc, J.** *Metodika zpracování a úprava diplomových prací.*
Plzeň: ZČU, 2005. ISBN 80-7043-363-9
2. **Zvoneček, F., Zídková, H.** *Jakost-styl života pro třetí tisíciletí. 2.vydání.*
Plzeň: ZČU, 2003, 139 s. ISBN 80-7043-243-8
3. **Nenadál J. a kol.** *Moderní management jakosti. Principy, postupy, metody.*
Praha: Management Press, 2008, 378 s. ISBN 978-80-7261-186-7

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Pavel Kopeček, CSc.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Konzultant diplomové práce: **Ing. Konstantin Novikov**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Datum zadání diplomové práce: **24. září 2018**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2019**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 24. září 2018

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Pavlu Kopečkovi, Ph.D., za poskytnutí cenných rad a připomínek v průběhu zpracování mé diplomové práce. Zároveň děkuji všem, kteří mi pomáhali a podporovali při mém studiu na vysoké škole.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Hajný	Jméno Martin	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulu) Doc. Ing. KOPEČEK, Ph.D.	Jméno Pavel	
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Analýza zmetkovitosti a návrh opatření ke zvýšení efektivity ve vybrané společnosti		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	105	TEXTOVÁ ČÁST	95	GRAFICKÁ ČÁST	10
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Cílem této diplomové práce je analýza zmetkovitosti ve společnosti vyrábějící komponenty pro letecký průmysl. Předložená práce nejprve rozebírá stávající systém řízení jakosti a následně mapuje výrobní proces, odhaluje slabá místa výroby a za použití nástrojů a technik průmyslového inženýrství stanovuje nápravná opatření ke zvýšení efektivity a nalezení kořenových příčin. V poslední fázi vyhodnocuje účinnost navržených opatření, které vedou ke snížení počtu neshodných výrobků.
KLÍČOVÁ SLOVA	Výrobní procesy, kvalita, řízení jakosti, zmetkovitost, Paretův diagram, Diagram příčin a následků, brainstorming, QRQC, 8D report, metoda FMEA, rizikové číslo.

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Hajný	Name Martin		
FIELD OF STUDY	2301T007 „Industrial Engineering and Management“			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Kopeček, CSc.	Name Pavel		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Waste analysis and proposal for higher effectiveness in a chosen company			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2019
----------------	---------------------------	-------------------	--	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	105	TEXT PART	95	GRAPHICAL PART	10
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The aim of this thesis is to analyze rejection rate in a corporation producing components for the aerospace industry. In first place, the submitted work analyzes existing system of quality management and subsequently maps the production process, reveals weaknesses in manufacturing and, using tools and techniques of industrial engineering, determines and defines corrective measures to increase efficiency and find root causes. In the final phase, it evaluates the efficiency of proposed measures that lead to reduction of the number of non-conforming products.</p>
KEY WORDS	<p>Processes, quality, quality control, scrap, Pareto chart, Ishikawa diagram, brainstorming, QRQC, 8D report, FMEA method, risk priority number</p>

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	12
ÚVOD	13
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ	12
TEORETICKÁ ČÁST	14
1 JAKOST	14
1.1 Řízení jakosti.....	14
1.1.1 Přístupy managementu jakosti	14
1.1.2 Způsoby aplikace systému managementu kvality v praxi.....	15
1.2 Normy ISO řady 9000	15
1.2.1 ISO 9000:2015	16
1.2.2 ISO 9001:2015	16
1.2.3 ISO 9004:2018.....	16
1.2.4 Koncepce managementu jakosti podle TQM.....	16
1.3 Systém managementu jakosti.....	17
1.4 Jakost produktu	18
2 Vybrané nástroje v oblasti jakosti	20
2.1 Sběr a záznam dat.....	20
2.2 Histogramy.....	20
2.3 Vývojové diagramy	22
2.4 Paretova analýza.....	24
2.5 Ishikawa diagram	25
2.6 Bodový diagram.....	26
2.7 Regulační diagramy.....	27
3 Vybrané techniky v oblasti jakosti	29
3.1 Global 8D Report	29
3.2 Quality Journal.....	31
3.3 FMEA.....	33
3.3.1 Postup metody FMEA	34
PRAKTICKÁ ČÁST.....	39
4 Charakteristika vybrané společnosti	39
4.1 Společnost v tržním prostředí	39
4.1.1 Zákazníci.....	39

4.1.2	Konkurence	39
4.2	Výroba	40
4.3	Výrobní sortiment	40
4.3.1	Výrobky z hliníkových slitin	40
4.3.2	Výrobky z oceli	41
5	Systém řízení jakosti vybrané společnosti	42
5.1	Systém ověřování nakupovaného produktu	42
5.1.1	Požadavky na nakupovaný produkt	42
5.2	Systém kontrolních činností	44
5.2.1	Vstupní kontrola	44
5.2.2	Výrobní kontrola	44
5.2.3	Výstupní kontrola	45
5.2.4	Samokontrola	45
5.2.5	Interní audity	45
5.2.6	Externí audity	45
5.2.7	Externí audit třetí stranou	46
5.3	Systém řízení neshodného produktu	46
6	Analýza zmetkovitosti ve vybrané společnosti	48
6.1	Analýza zmetkovitosti za sledované období	48
6.2	Volba kritického výrobního programu	54
7	Analýza výrobního programu AR800	55
7.1	Výrobní diagram programu AR800	56
7.2	Proces výroby v programu AR800	57
7.3	Zkoušky tvrdosti	58
7.4	Zkouška el. vodivosti	58
7.5	Materiálová specifikace programu AR800	59
7.6	Analýza zmetkovitosti ve výrobním programu AR800	59
7.7	Řešení vad vzniklých ve výrobním procesu AR800	60
7.8	Zmetkovitost v programu AR800 za výchozí období	61
7.8.1	Příčiny a jejich řešení ve výchozím období leden–září 2018	62
7.8.2	Zhodnocení řešení neshod za výchozí období leden–září 2018	67
7.9	Stanovení možných příčin zmetkovitosti	68
8	Návrhy ke zvýšení efektivnosti	71
8.1	Zlepšení technické přípravy a kvalifikace	75
8.2	Organizace práce	75

8.3	Předcházení vzniku vad	75
9	Zhodnocení navržených opatření.....	77
9.1	Náklady na zmetkovitost	77
9.2	Ekonomické zhodnocení.....	78
10	Závěr	79
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	81

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1 Hierarchická struktura dokumentace v organizaci	17
Obr. 2-1 Tvary histogramů a možné vymežitelné příčiny [9, s. 304]	22
Obr. 2-2 Ukázka vývojového diagramu [22]	23
Obr. 2-3 Symboly používané při tvorbě vývoj. Diagramů diagramů [9, s. 308]	24
Obr. 2-4 Paretův diagram [9, s. 312]	25
Obr. 2-5 Ishikawa diagram [23]	26
Obr. 2-6 Bodový diagram a vzájemné závislosti [9, s. 316]	27
Obr. 2-7 Proces pod kontrolou [20, s. 26]	28
Obr. 2-8 Proces mimo kontrolu [20, s. 25]	28
Obr. 3-1 Schéma 8D procesu [17, s. 2]	29
Obr. 3-2 Postup aplikace metody Quality Journal [9, s. 237]	32
Obr. 4-1 Zastoupení materiálů ve výrobě	40
Obr. 4-2 Nosník	40
Obr. 4-3 Distanční přípravek	40
Obr. 4-4 Součást podvozkové sestavy	41
Obr. 4-5 Závěs	41
Obr. 5-1 Systém vstupu materiálu do společnosti [26]	43
Obr. 5-2 Postup činnosti při zjištění neshodného produktu	47
Obr. 6-1 Zastoupení programů výroby z Al slitin ve sledovaném období	48
Obr. 6-2 Plánovaná / celková produkce programu AR800	49
Obr. 6-3 Plánovaná / celková produkce programu AM 400	50
Obr. 6-4 Plánovaná / celková produkce programu I0216	51
Obr. 6-5 Plánovaná / celková produkce programu G102M	52
Obr. 6-6 Plánovaná / celková produkce programu ZR600	53
Obr. 6-7 Výskyt zmetkovitosti u jednotlivých programů z Al slitin	54
Obr. 7-1 Nosníková konstrukce trupu letounu	55
Obr. 7-2 Výrobní diagram programu AR800	56
Obr. 7-3 Polotovary - deskový materiál	57
Obr. 7-4 Zbytkový materiál	57
Obr. 7-5 Zbytkový materiál po fázi dělení	57
Obr. 7-6 Zastoupení jednotlivých vad v % za období leden-září 2018	60
Obr. 7-7 Paretův diagram příčin zmetkovitosti celkové	61

Obr. 7-8 Paretův diagram příčin zmetkovitosti neopravitelné	61
Obr. 7-9 Paretův diagram příčin zmetkovitosti opravitelné	62
Obr. 7-10 Ishikawa diagram	69
Obr. 8-1 PFMEA formulář 1/3	72
Obr. 8-2 PFMEA formulář 2/3	73
Obr. 8-3 PFMEA formulář 3/3	74
Obr. 9-1 Vyhodnocení zmetkovitosti	77

SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1 Příklad hodnocení významu vady [9, s. 121]	35
Tab. 3-2 Příklad hodnocení očekávaného výskytu vady [9, s. 121]	36
Tab. 3-3 Příklad hodnocení odhalitelnosti vady [9, s. 121]	36
Tab. 3-4 Příklad FMEA formuláře [19, s. 36]	38
Tab. 6-1 Plánovaná / celková produkce programu AR800	49
Tab. 6-2 Plánovaná / celková produkce programu AM400	50
Tab. 6-3 Plánovaná / celková produkce programu I0216	51
Tab. 6-4 Plánovaná / celková produkce programu G102M	52
Tab. 6-5 Plánovaná / celková produkce programu ZR600	53
Tab. 7-1 Tabulka zmetkovitosti za výchozí období	62
Tab. 7-2 Tabulka neshod za 1. čtvrtletí 2018	64
Tab. 7-3 Tabulka neshod za 2. čtvrtletí 2018	65
Tab. 7-4 Tabulka neshod za 3. čtvrtletí 2018	66
Tab. 7-5 Akční plán	70
Tab. 9-1 Průběh zmetkovitosti	77
Tab. 9-2 Statistika výroby - porovnání	78
Tab. 9-3 Ekonomika nápravných opatření	78

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Vzor formuláře oznámení neshody	84
Příloha č. 2 – Vzor formuláře nálezový list	87
Příloha č. 3 – Ověření stanovených příčin	89

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CAD	Computer Aided Design – Počítačem podporovaná konstrukce
CAM	Computer Aided Manufacturing – Počítačem podporovaná výroba
CNC	Computer Numerical Control – Počítačem řízený obráběcí stroj
ČR	Česká republika
ČSN	Označení Českých technických norem
EFQM	European Foundation for Quality Management – Evropská metoda komplexního řízení kvality
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis – Analýza možností vzniku vad a jejich následků
HRBW	Tvrдость materiálu určená podle Rockwella (použití kuličky z karbidu wolframu)
IMS	Integradet Management System – Integrovaný systém řízení (jakosti)
ISO	International Organization for Standardization – Mezinárodní organizace pro normalizaci
NADCAP	National Aerospace and Defence Contractor Accreditation Program
NC	Numerical Control – Číslicové řízení (obráběcí stroje)
NDT	Non Destructive Testing – Zkoušky provedené bez porušení zkoušeného objektu
PFMEA	FMEA procesu
TQM	Total Quality Manegemt – Komplexní metoda řízení, která klade důraz na řízení kvality ve všech dimenzích života organizace
5S	Metoda – nástroj pro zlepšování procesů v podniku
Σ	Suma

ÚVOD

Tato předložená studie se zaměřuje na analýzu zmetkovitosti ve společnosti vyrábějící komponenty pro letecký průmysl. Vzhledem k tomuto specifickému výrobnímu charakteru není v celé studii uvedena přesná identifikace výrobního subjektu, u něhož byla tato studie zpracována. Stejně tak jsou poupraveny informace, které jsou obchodním tajemstvím nebo mají charakter utajované informace či jsou určitým know-how analyzované společnosti. Po dohodě s vedoucími představiteli – pracovníky společnosti bylo přijato opatření, kdy pořízené fotografické snímky z prostředí výrobního podniku jsou přepracovány za pomoci CAD softwaru. Pro účely přepracování pořízených snímků bylo využito programu Autodesk Inventor 2018. Veškerá korekce je však provedena tak, aby bylo možné prezentovat reálně dosažené výsledky analýzy.

Problematikou zmetkovitosti se v dnešní době zabývají snad všechny výrobní podniky. Cílem je především snížení dodatečných nákladů na nápravu a s tím spjaté vícenáklady. Čím dál více se také upozorňuje na environmentální hledisko, které v sobě nese určitou odpovědnost každé společnosti za svoje konání. V prostředí výrobních podniků to znamená, že se tyto podniky chovají určitým způsobem, kdy berou v potaz možné dopady svého konání na životní prostředí. Stále je však hlavním důvodem snižování zmetkovitosti finanční zátěž, ať již v podobě vícepráce nebo vyšších nároků na lidské a materiální zdroje. Neméně důležitou roli zde hraje dobré jméno společnosti. To může být ohroženo např. pozdními termíny dodání v souvislosti s nápravou špatné jakosti výrobků. V horších případech se takto nejakostní výrobek dostane až k zákazníkovi, což může být daleko větší problém. V takové situaci je ve hře nejen ztráta zakázky nebo budoucích zakázek, ale také hrozba vysokých finančních postihů, např. z důvodů nedodržení termínů v subdodavatelském řetězci. To jsou důvody, proč by se podnik měl zabývat analýzou zmetkovitosti, jejím vyhodnocováním a proč by měl činit kroky k její eliminaci.

CÍLE PRÁCE A METODY ZPRACOVÁNÍ

Cílem této studie je analyzovat slabá místa výroby, kde vzniká vysoký počet neshod. K tomu budou využity metody a nástroje průmyslového inženýrství. Po analytické části budou zhodnoceny návrhy a ty následně prostřednictvím aplikační části implementovány do procesu výroby. V poslední fázi dojde k vyhodnocení navržených opatření a doporučení pro další možnosti zlepšování.

Vlastní studii předchází teoretická část, ta se zaměřuje na problematiku jakosti v širší perspektivě. Tato kapitola předkládá širší pohled na záležitost jakosti, která je součástí řešené problematiky zmetkovitosti. Vymezuje potřebné definice, normy, metody a představuje nástroje pro řízení kvality.

V praktické části je řešena konkrétní problematika zmetkovitosti při výrobě. Nechybí zde popis současného stavu řízení kvality, přejímky materiálu a celkový životní cyklus od začátku až po odeslání finálního výrobku k zákazníkovi. Jsou shromážděny informace o technologii, metody měření a vyhodnocování.

Shromážděné informace jsou využity pro analýzu, v níž jsou podrobeny zkoumání, a za pomoci nástrojů průmyslového inženýrství jsou vyhodnoceny a připraveny pro aplikaci do systému výroby.

Poslední část studie uplatňuje získané poznatky z předchozí kapitoly na již probíhající výrobní proces. Popisuje implementaci nástrojů, metody a nutné změny v celém výrobním řetězci. Je souhrnem a vyhodnocením předchozích částí studie. Obsahuje ekonomické zhodnocení a přínos studie.

TEORETICKÁ ČÁST

1 JAKOST

Jakost neboli kvalita je známý pojem, který lze datovat již ze starověkých památek. Samotné pojetí jakosti prošlo za svoji existenci několika fázemi. Dle Zídkové a Zvonečka to jsou čtyři hlavní fáze [1, s. 7–11]:

- Technické bezvadnosti;
- Technické vyspělosti;
- Technicko-ekonomického hodnocení;
- Současného pojetí jakosti.

Veber uvádí, že kvalita je pojem, který se pojí nejen s výrobky a službami, ale také s činnostmi a procesy [2, s. 14].

Blechaz pro vysvětlení předkládá tři možné definice [3]:

- Kvalita znamená, že se vrací zákazník, NE výrobek.
- Kvalita je způsobilost pro užívání.
- Kvalita je spokojenost zákazníka.

Podle mezinárodní normy **ISO 9000: 2015 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník** je kvalita charakterizována jako „*stupeň plnění požadavků souborem inherentních charakteristik objektu*“ [4, s. 30].

Za inherentní znak lze považovat takový, který je podmiňující funkcí daného výrobku, pro který byl navržen a vyroben [3, s. 9].

Definice jakosti a různých pojmů lze v publikacích najít celou řadu, na druhou stranu pro každého může pojem jakost znamenat něco jiného. Vždy bude záležet na konkrétní aplikaci, konkrétním prostředí, protože co pro jednoho člověka znamená kvalitní, nemusí nutně znamenat to samé pro druhého.

1.1 Řízení jakosti

V souvislosti se zvyšující se výrobou, která znamenala růst produktivity práce, bylo nutné zavést systémy řízení jakosti. Přístupy k samotné „péči“ o jakost jsou a byly formovány podle vývoje ve složitosti samotných výrobků a jejich organizaci [5, s. 57].

1.1.1 Přístupy managementu jakosti

Management jakosti vymezuje norma ČSN ISO 9000:2015, kde je management kvality definován jako „*management týkající se kvality*“ [4, s. 24].

Pojmů týkajících se managementu kvality (QMS) lze opět najít v literatuře zabývající se jakostí nepřehledné množství. Avšak má-li být management kvality pro instituci přínosný, musí být implementován do celého jeho systému, nikoliv pouze do části organizace [6, s. 18].

Moderní management jakosti lze rozčlenit do čtyř základních funkcí [6, s. 18]:

- Maximalizovat spokojenost a loajalitu zákazníků, včetně všech začleněných subjektů;
- Minimalizovat výdaje;
- Zlepšovat tvůrčí prostředí, které vede k neustálému zlepšování, inovacím a změnám;
- Vytvářet vhodnou základnu pro růst organizací.

Vývoj přístupů managementu jakosti

Oblast managementu jakosti je problematika dobře známá, již kodex babylonského krále Chamurapiho zahrnoval zákon: „*Jestliže stavitel postavil někomu dům a neudělal své dílo pevně a zeď spadne, tento stavitel pevně postaví tuto zeď ze svých vlastních prostředků*“ [6, s. 20].

Během uplynulého století byly přístupy k jakosti provázeny celou řadou změn. Tyto změny do významné míry reflektovaly nároky v požadavcích zákazníka, což vedlo k vyšším nárokům na organizaci výroby. Pokud jedinec zabezpečoval sám výrobu i kontakt se zákazníkem, byl tudíž svým vlastním kontrolorem jakosti finálního díla. Se zvyšujícími se nároky na výrobu bylo nevyhnutelné zavedení průmyslové výroby. Složitá výroba se rozdělila na dílčí operace a ty zabezpečovali jednotliví pracovníci. V této hierarchii se ztrácí přímá linie mezi zákazníkem a pracovníkem. Tento fakt s sebou přinesl nutnost zavedení postupů a nástrojů na řízení kvality. Z počátku byl kontrolním mechanismem sám majitel firmy, později odpovědnost přebírali vedoucí výroby, mistři a s rostoucími nároky i specialisté v oblasti kvality [5, s. 57].

1.1.2 Způsoby aplikace systému managementu kvality v praxi

Přístupy k managementu kvality, které uplatňují jednotlivé společnosti, lze rozdělit do tří hlavních skupin, avšak v praxi jde většinou o implementaci více způsobů, respektive o jejich vzájemnou kombinaci.

- a) **Vlastní přístup** – je v drtivé většině používán pouze u velkých, nadnárodních korporací, které již prošly dlouhým vývojem v oblasti systému managementu kvality a mají již lety ověřený vlastní systém. Velmi rizikovým přístupem se tak může stát pro implementaci v menších firmách [3, s. 23].
- b) **Systém založený na standardech** – v Evropě hojně využívaný systém, který má bezesporu výhodu v podobě předem jasně stanovených požadavků na systém managementu kvality. Ověření plnění těchto požadavků je prováděno prostřednictvím nezávislé certifikace. V praxi se aplikují standardy norem ISO řady 9000 a různé odvětvové normy napříč celým průmyslem (potravinářský, automobilový, letecký průmysl atp.) [3, s. 23].
- c) **Systém komplexního řízení kvality** – velmi často vychází z modelu TQM, respektive evropského typu totálního řízení kvality EFQM. Rozdíl v evropském pojetí spočívá zejména ve vlastní komplexnosti systému oproti původnímu TQM. Tato komplexnost je zejména v rozšíření oblasti lidských zdrojů v organizaci, v ekonomice kvality spolu s důraznějším tlakem na princip neustálého zlepšování [3, s. 23].

1.2 Normy ISO řady 9000

Jedná se o soubor mezinárodních norem, které byly schváleny v roce 1987 pro potřeby organizací všech typů a velikostí v oblasti implementace a řízení systémů managementu jakosti. Normy řady ISO 9000 obsahují poznatky a praktiky z oboru zabezpečování jakosti, které vycházejí z přístupů v odvětvích speciální výroby, jako jsou zbrojní průmysl, kosmické programy nebo výroba komponent pro jaderné elektrárny.

V řadě případů jsou normy ISO 9000 rozšířeny o další požadavky na přístup organizace k zabezpečování jakosti. Jedná se především o zpřísnění požadavků, např. v automobilovém

průmyslu, leteckém průmyslu nebo při zabezpečování jakosti při výrobě dodávek pro armádní složky [2, s. 73].

1.2.1 ISO 9000:2015

Norma popisuje základní pojmy a zásady řízení jakosti a jejího zabezpečování. Jelikož uvádí základní požadavky na podobu systému řízení jakosti, je základní normou pro samotnou certifikaci. Uváděné principy jsou všeobecně použitelné pro:

- Organizace, které usilují o trvalý úspěch prostřednictvím zavedení systému managementu jakosti;
- Zákazníky hledající důvěru ve schopnosti organizace, že bude důsledně poskytovat produkty a služby, které vyhovují jejich požadavkům;
- Organizace usilující o důvěru v jejich dodavatelském řetězci, že budou splněny jejich požadavky na produkty a služby;
- Organizace a zúčastněné strany usilující o zlepšení komunikace prostřednictvím společného porozumění
- Organizace provádějící posuzování shody podle požadavků normy ISO 9001;
- Poskytovatele odborné přípravy, hodnocení nebo poradenství v oblasti řízení kvality;
- Vývojáře souvisejících norem [4, s. 8].

1.2.2 ISO 9001:2015

Norma ISO 9001 je stěžejní z hlediska plnění požadavků, které musejí být splněny proto, aby společnost úspěšně prokázala správné fungování QMS. ISO 9001 specifikuje požadavky na systém jakosti, když organizace:

- Potřebuje trvale prokazovat svou schopnost poskytovat produkty a služby, které splňují požadavky zákazníka a příslušné požadavky zákonů a předpisů;
- Má v úmyslu zvyšovat spokojenost zákazníka prostřednictvím efektivní aplikace tohoto systému, včetně procesů, které vedou k jeho zlepšování. Dále jde i o prokazování shody s požadavky zákazníka a s příslušnými požadavky zákona a předpisů [7, s. 15].

1.2.3 ISO 9004:2018

Účelem normy ISO 9004 je poskytnutí směrnic k posilování schopnosti organizace dosahovat udržitelného úspěchu. Informace uvedené v této normě jsou použitelné v jakékoliv organizaci a nezáleží na její velikosti či typu a činnosti. Norma je taktéž v souladu se zásadami managementu jakosti uvedenými v ISO 9000:2015 [8, s. 13].

1.2.4 Koncepce managementu jakosti podle TQM

Pojem TQM je již známý poměrně dlouhou dobu a byl formulován během druhé poloviny dvacátého století, a to zejména v Japonsku a následně i v USA a Evropě. Total Quality Management je velmi komplexní a otevřenou filozofií řízení jakosti v organizaci, a to ve všech jejích dimenzích života. Metoda tak překračuje rámec řízení kvality a stává se i metodou strategického řízení pro veškerou činnost v organizaci [9, s. 46–47].

Management jakosti podle TQM předpokládá zapojení všech členů organizace a je zaměřený na dlouhodobý úspěch dosahovaný prostřednictvím spokojeného zákazníka. Pokud organizace aplikuje TQM, považuje se za samozřejmost snaha o neustálé zlepšování procesů [10, s. 11].

Total – úplné zapojení všech pracovníků v dané organizaci;

Quality – pojetí principů kvality napříč celou organizací;

Management – principy a metody se prolínají všemi úrovněmi řízení a všemi manažerskými funkcemi.

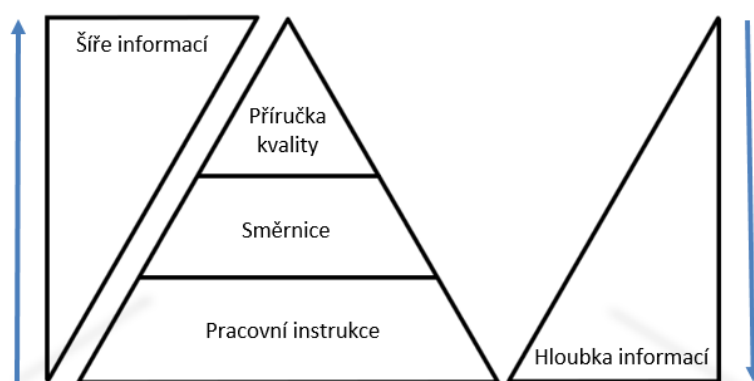
1.3 Systém managementu jakosti

Úlohou vrcholného managementu v dané organizaci je zajištění nezbytných počátečních vstupů, které jsou nezbytné pro proces vytváření managementu jakosti. Systém necílí pouze na top management, ale má celou řadu dalších aspektů, jež je nutné naplňovat.

Při vytváření managementu kvality je nutné nejprve identifikovat potřebné procesy. V první řadě jde o řídicí procesy, zabezpečení zdrojů, realizaci produktu a v neposlední řadě měření spojené s analýzou a se zlepšováním. Jednotlivé procesy je nutné identifikovat a zároveň určit jejich vzájemné působení a vztahy z pohledu posloupnosti. Klíčovým východiskem managementu musí být procesní řízení procesů. Management musí mít zajištěna kritéria pro řízení a průběh procesů. Stejně tak musí mít vypracované metody, způsoby a postupy pro jejich efektivní zabezpečení kvality. Samotné procesy je nutné sledovat, a to měřitelným způsobem. Výstupní data musejí být analyzována a vyhodnocována proto, aby mohla být nastavena taková opatření, kdy probíhá kontinuální zlepšování procesů [3, s. 28–29].

Identifikace procesů a jejich aplikace přináší nutnost detailní hierarchie rozpracování, a to na řadu dílčích subprocessů. Identifikace a popsání procesů je jen jednou částí systému managementu kvality. Dalším důležitým krokem systému je vše přehledně popsat do ucelené dokumentace.

V organizaci se obvykle dělí dokumentace do tří úrovní, a to podle hloubky a šíře obsažených informací. Obr. 1–1 zobrazuje hierarchickou strukturu dokumentace v organizaci.



Obr. 1-1 Hierarchická struktura dokumentace v organizaci

V nejdříve položené části pomyslné pyramidy stojí příručka kvality. Tento dokument popisuje fungování celého systému zabezpečování jakosti organizace. Jak je na obr. 1–1 znázorněno, příručka kvality má široký záběr informací. Na druhou stranu, co se týče detailů, ty v tomto dokumentu nejsou obsaženy, místo toho jsou zde uváděny pouze odkazy na dokumenty nižší úrovně. Ve středu pomyslné pyramidy jsou směrnice, ty popisují větší část procesů, jako je např. proces realizace produktu, který samozřejmě může obsahovat i subprocessy jako

nakupování či řízení nákupu. Detailnější zaměření na jednotlivé činnosti a pracovní postupy obsahuje spodní patro pyramidy. Ty jsou již maximálně konkrétní v dané oblasti a jsou k dispozici na daném pracovišti [3, s. 28–29].

Popsané dokumenty mají tedy základní atributy, a tedy popisují, co a jak se má dělat. Pokud má organizace hotovy všechny tři úrovně dokumentů, ví, jak postupovat. Samotné dokumenty nelze v organizaci vytvářet bezúčelně, chaoticky, je proto potřeba zavést proces jejich řízení. Tento proces musí zajistit, aby potřebné dokumenty byly dostupné pro všechny pracovníky, kteří provádějí činnost související s danou problematikou. Proces řízení dokumentace také zabezpečuje její aktuálnost a platnost. Dále musejí být vyznačena místa, kde se popsané postupy využívají. Jsou jasně stanovena pravidla pro vytváření a schvalování nové dokumentace, vydání revizní dokumentace a dané dokumenty musejí být taktéž periodicky přezkoumávány. K těmto úkonům jsou vyčleněny oprávněné osoby, které nesou také zodpovědnost za fungování procesu řízení dokumentace [3, s. 29–30].

1.4 Jakost produktu

Aby produkt splňoval určitý stupeň jakosti, musejí být naplněny určité požadavky, respektive vlastnosti daného produktu, které zákazník očekává a které výrobce může splnit [12, s. 46].

Každý výrobek lze tedy vnímat jako určitý soubor základních specifik, jimiž jsou např. [2, s. 23–25]:

Funkčnost

Jedná se o elementární vlastnost výrobku. Tato podstata musí být naplněna, aby byl zákazník ochoten za daný produkt zaplatit. U zákazníka nastává potřeba získat daný výrobek zejména pro jeho užitnou funkci a tu také od výrobku očekává. V současné době lze pozorovat částečný přesun požadovaných hodnot výrobku ze základní funkce na funkce vedlejší. Automobil byl dříve kupován pro svoji hlavní funkci, přemístit posádku z bodu A do bodu B. Dnes můžeme spatřovat přesun vzrůstajících nároků na vedlejší funkce, jako jsou design, společenský statut atp.

Spolehlivost

Jedná se o schopnost výrobku plnit svoje funkce v jakémkoliv okamžiku, a to bez vzniku závady. V případě nesplnění této podmínky musejí výrobci počítat s vícenásobnými náklady na zajištění servisních úkonů a dostatečného množství náhradních dílů.

Trvanlivost

Trvanlivost přímo souvisí s funkčností a spolehlivostí, kdy je chápána jako schopnost výrobku plnit svoji funkci v čase, který je ovšem limitní. Zatímco zákazník vyžaduje vysokou trvanlivost, výrobci určitým způsobem musejí kalkulovat s rozsahem splnění tohoto požadavku. Vysoce trvanlivý výrobek může jednak prodražovat výrobu, jednak je zde i faktor ekologie. Výrobci se musejí vypořádat s dostupností ubývajících surovin a také je zde faktor likvidace nepotřebných výrobků a dopad na životní prostředí.

Udržovatelnost

Jde o soubor činností, které je potřeba snižovat, lépe úplně eliminovat. Jedná se o nutné ošetření výrobku v průběhu jeho životnosti, a to v určitých intervalech. Nesplnění tohoto požadavku může mít vliv na vznik a průběh závady.

Opravitelnost

Opravitelnost lze charakterizovat jako stupeň obtížnosti (nákladnosti) opravy, který výrobek vykazuje v případě výskytu závady. Opravitelnost je v přímé souvislosti se spolehlivostí.

Ovladatelnost

Ovladatelnost je souborem nároků (duševních i fyzických), které výrobek vyžaduje od uživatele pro svoji funkčnost. Požadavkem je, aby výrobek splňoval takové nároky, aby jeho užití nečinilo obtíže a nevyžadovalo zvláštní přípravy. Při nesplnění tohoto požadavku může dojít přinejlepším k nespokojenosti zákazníka, v horším případě k poškození zdraví uživatele.

Nezávadnost

Je soubor požadavků na výrobek, který svými vlastnostmi neohrožuje zejména zdraví, bezpečnost a nezatěžuje nadbytečně životní prostředí. Požadavky na nezávadnost jsou často zakotveny přímo v právních předpisech a výrobci, distributoři a prodejci se jimi musejí řídit.

Estetika

Jedná se o vnější formu výrobku, která je charakterizována svým vizuálním a tvarovým řešením. Zejména v poslední době se jedná o vysoce žádaný aspekt výrobku, kde do jisté míry může nahrazovat vlastní funkčnost. U mnoha lidí je právě estetika jedním z hlavních kritérií při rozhodování o koupi daného výrobku.

Přijatelná cena

Přijatelná cena znamená, že je zákazník ochoten vynaložit potřebné zdroje (finanční) a výši této ceny akceptuje (přijme) na základě souboru vlastností, které mu daný výrobek přináší.

2 Vybrané nástroje v oblasti jakosti

V následujících kapitolách budou popsány nástroje, které jsou hojně využívány v oblasti kvality pro svoji jednoduchost a přehlednost a které slouží především k hledání příčin (ideálně kořenových), k nalezení souvislostí a stanovení si priorit.

2.1 Sběr a záznam dat

Na správném sběru dat a záznamů závisí další kroky a úspěšnost aplikace dalších nástrojů a metod, které společnost bude aplikovat pro zlepšení jakosti. Pro sběr dat jsou využívány různé druhy formulářů tabulkového charakteru a různé druhy pomůcek pro záznam dat [3, s. 31].

Kontrolní tabulky [9, s. 299–302]

Při tvorbě tabulek musí být dodržen zejména princip standardizace, stratifikace a vizuální interpretace. Kontrolní tabulky mají tři hlavní oblasti použití:

- Jako nástroj sloužící pro zaznamenávání výsledků jednoduchého sčítání různých položek;
- Slouží jako nástroj zobrazení rozdělení souboru měření;
- Zobrazují místa výskytů určitých jevů.

Způsob samotného zápisu dat do tabulky musí být jednoduchý, přehledný a jasný. Pro urychlení a zjednodušení zápisu dat je velmi často použito různých druhů značek a symbolů, místo použití textového vyjádření. Každá tabulka – formulář musí obsahovat:

- Datum sběru dat;
- Hodinu;
- Místo;
- Jméno pracovníka;
- Způsob zjišťování dat;
- Číslo sledované dávky materiálu;
- Číslo výrobní dávky materiálu;
- Číslo stroje atp.

Obecný postup při tvorbě kontrolní tabulky uvádějí následující body:

- a) Identifikace konečných cílů a opatření, identifikace typu dat (která mají být zaznamenávána);
- b) Identifikace všech faktorů a hledisek, podle nichž je třeba stratifikovat sledovaná data s cílem odhalit příčiny problému;
- c) Identifikace časového úseku a podmínek pro seriózní sběr dat, stanovení rozsahu výběru, vhodných okamžiků sběru dat;
- d) Volba způsobu záznamu dat (číslo, symbol...);
- e) Vytvoření samotné kontrolní tabulky;
- f) Testování navržené tabulky v praktických podmínkách;
- g) Proškolení pracovníků, kteří budou provádět samotný sběr a záznam dat;
- h) Sběr dat;
- i) Interpretace dat a využití zjištěných informací pro následné rozhodování.

2.2 Histogramy

Histogramy jsou sloupcové grafy, které graficky zobrazují četnost a používají se k analýze proměnných dat. Na svislou osu je vynášena četnost a na vodorovné ose jsou naměřené

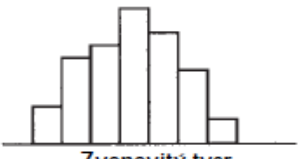
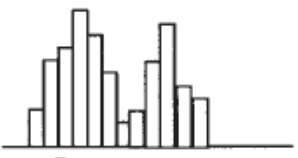
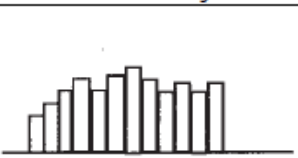
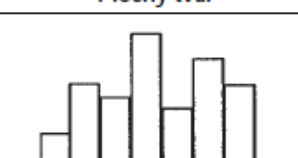
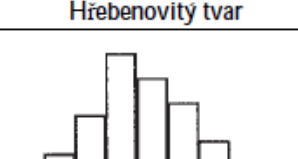
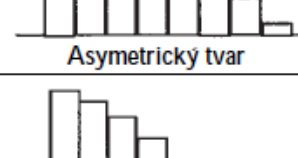
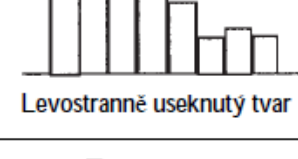
hodnoty, potažmo intervaly naměřených hodnot. Z grafu lze určit četnost, s jakou data spadají do určité kategorie. Data jsou velmi často seskupována do intervalů a je sledována četnost výskytu jevů v tomto daném intervalu. Podle tvaru histogramu lze posuzovat stav procesu. Vzhledem k jednoduchému principu sestavení histogramu a jeho přehlednosti patří tento nástroj k jednomu z nejnámějších a v praxi také hojně využívanému [3, s. 34].

Postup sestavení histogramu:

- a) Výpočet rozpětí souboru;
- b) Stanovení počtu a šíře intervalů;
- c) Sestavení tabulky četností;
- d) Stanovení hranic intervalů – stanovení středů intervalů;
- e) Přiřazení naměřených hodnot do jednotlivých intervalů v tabulce četností;
- f) Sestrojení vlastního histogramu [9, s. 303].

Interpretace histogramu a analýza jeho tvaru:

Ze sestaveného histogramu a jeho tvaru lze usuzovat na typ rozdělení (symetrický /symetrický) a působení vymezených příčin variability. Nejčastěji se vyskytující tvary histogramů jsou zobrazeny na obr. 2–1.

Tvar histogramu	Možné příčiny odchylek tvaru histogramu
 <p>Zvonovitý tvar</p>	Působení náhodných vlivů
 <p>Dvouvrcholový tvar</p>	Smíchání dat ze dvou výběrových souborů (data ze dvou výrobních dávek, dvou výrobních linek, od dvou pracovníků...)
 <p>Plochý tvar</p>	Výsledek součtu několika rozdělení zvonovitého tvaru (nárůst opotřebení nástroje) Neúplný výrobní předpis Nedodržování výrobního předpisu
 <p>Hřebenovitý tvar</p>	Nesprávné zaokrouhlování hodnot Nesprávné zařazování hodnot do tříd Chyby měření
 <p>Asymetrický tvar</p>	Působení objektivních fyzikálních zákonů Použití neúplných dat
 <p>Levostranně useknutý tvar</p>	Přesnost a rozlišovací schopnost přístroje Nesprávně zařazená analýza dat (vytřídění neshodných jednotek před měřením znaku jakosti)
 <p>Zvonovitý tvar s izolovanými hodnotami</p>	Chyby při přepisování Chyby při měření

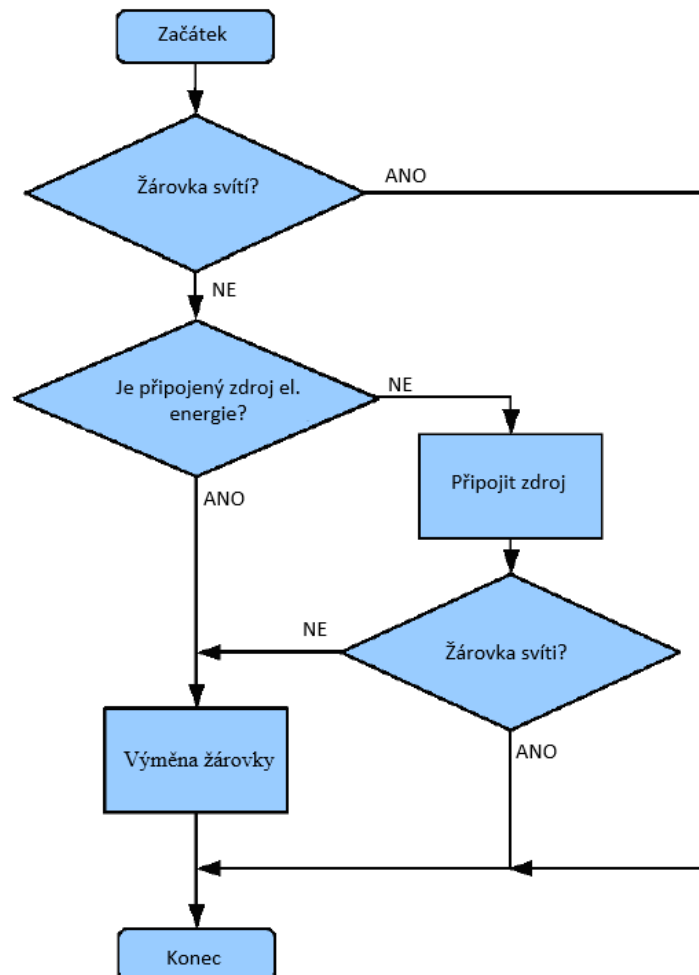
Obr. 2-1 Tvary histogramů a možné vymezené příčiny [9, s. 304]

2.3 Vývojové diagramy

Vývojový diagram je grafické zobrazení daných procesů. Jedná se o univerzální nástroj, který umožňuje lepší pochopení jakéhokoliv procesu. Jde o konečný graf s jedním začátkem a jedním koncem. Struktura diagramu je tvořena jednotlivými aktivitami, které popisují proces a jež jsou v grafu vyjádřeny operačními bloky zobrazujícími činnosti společně s rozhodovacími bloky [3, s. 31].

Vývojové diagramy se využívají zejména při [9, s. 306]:

- Vysvětlování procesů zákazníkům nebo uživatelům při prokazování jakosti;
- Objasňování vazeb mezi činnostmi procesu novým zákazníkům;
- Odkrývání a objasňování vazeb mezi útvary, které se podílejí na určitém procesu;
- Odhalování nedostatků v procesu;
- Srovnávání skutečného a ideálního průběhu procesu.



Obr. 2-2 Ukázka vývojového diagramu [22]

Pravidla pro tvorbu vývojového diagramu [9, s. 307]:







- Doporučuje se sestavovat vývojový diagram v týmu;
- Vhodně volit otázky (Co se stalo nejdříve? Co má následovat? Odkud materiál pochází? Jak přichází do procesu? Co se děje, rozhodnu-li se ANO? Co se děje, rozhodnu-li se NE? Kdo rozhoduje? Kam výrobek pokračuje);
- Udržet popis procesu jednoduchý, stručný a přehledný;
- Zajistit stejnou jazykovou formu popisu činností a udržet stejnou úroveň jeho podrobnosti v rámci popisovaného procesu;
- Správně identifikovat rozhodnutí;
- Snažit se o umístění jednoho vývojového diagramu na jednu stránku;
- Využívat jednotlivé symboly;

- h) Používat jeden blok začátku a jeden blok konce;
- i) Zobrazit orientaci v rámci procesu.

Postup sestavení vývojového diagramu [9, s. 307–308]:

- a) Identifikovat proces, jeho rozhraní s jinými procesy a činnostmi;
- b) Sestavit tým (všichni, kteří jsou v realizaci procesu);
- c) Schválit symboly, které budou ve vývojovém diagramu používány;
- d) Zakreslit symboly pro začátek procesu;
- e) Identifikovat první činnost;
- f) Identifikovat další činnosti a místa, kde probíhají rozhodování;
- g) Po poslední činnosti zakreslit symboly pro konec procesu;
- h) Jednoznačně identifikovat vývojový diagram.

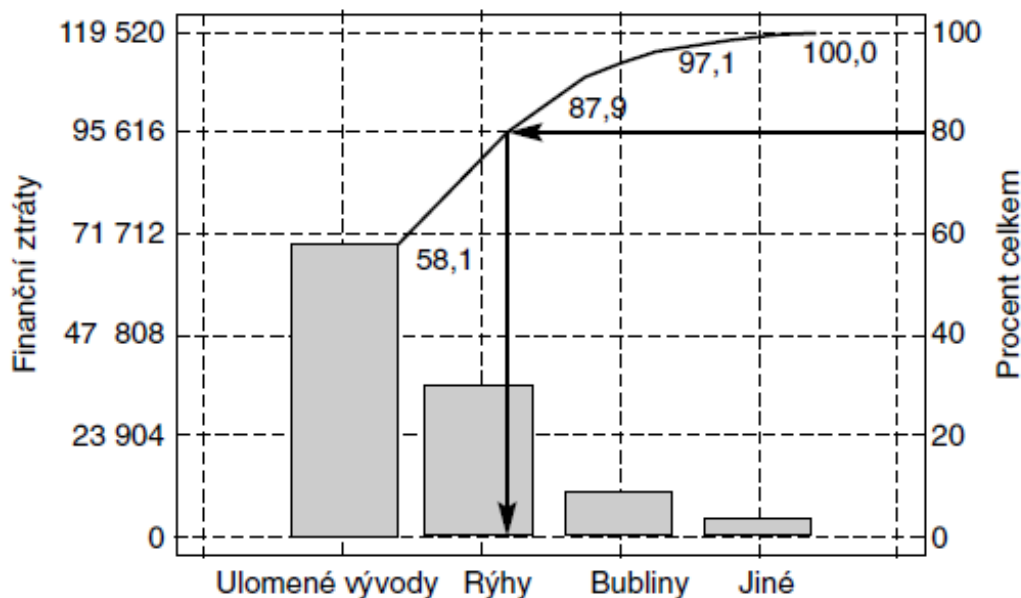
Symboly používané při tvorbě vývojových diagramů.

Symbol	Vznam
	Spojka, přechod na jinou část nebo pokračování vývojového diagramu
	Vykon operace, činnost
	Rozhodovací proces vždy jeden vstup a jen dva výstupy
	Subproces popsany v jiném subdiagramu
	Začátek nebo konec procesu
	Dokument

Obr. 2-3 Symboly používané při tvorbě vývoj. Diagramů diagramů [9, s. 308]

2.4 Paretova analýza

Když italský ekonom Vilfredo Pareto sledoval v ekonomii rozdělení bohatství mezi lidmi v Itálii, netušil, že se jeho pravidlo široce uplatní i v takových oblastech, jako je management kvality. Pravidlo je též známo jako 80/20 neboli 80 % majetku vlastní pouze 20 % lidí. Prostřednictvím pravidla 80/20 lze jednoduše provést analýzu problémů, které vznikají v kvalitě. Základním nástrojem Paretova principu a jeho nástrojem je sestavení Paretova diagramu. Typicky sledujeme počty výskytů jednotlivých jevů, nejčastěji počty jednotlivých druhů vad. Paretův zákon poté vyjadřuje, že 20 % vad způsobuje celkem 80 % výskytu všech vad. Jedná se nástroj, který umožňuje objevit faktory, které přispívají k problému, a to v sestupném pořadí důležitosti. Poté jsou vybrány životně důležité položky a zobrazeny v jednoduchém vizuálním formátu. Obr. 2–3 znázorňuje životně důležité závady, které je potřeba řešit pro odstranění 80 % problémů spojených s kvalitou. V tomto případě se jedná o závady 1–4 [3, s. 33].



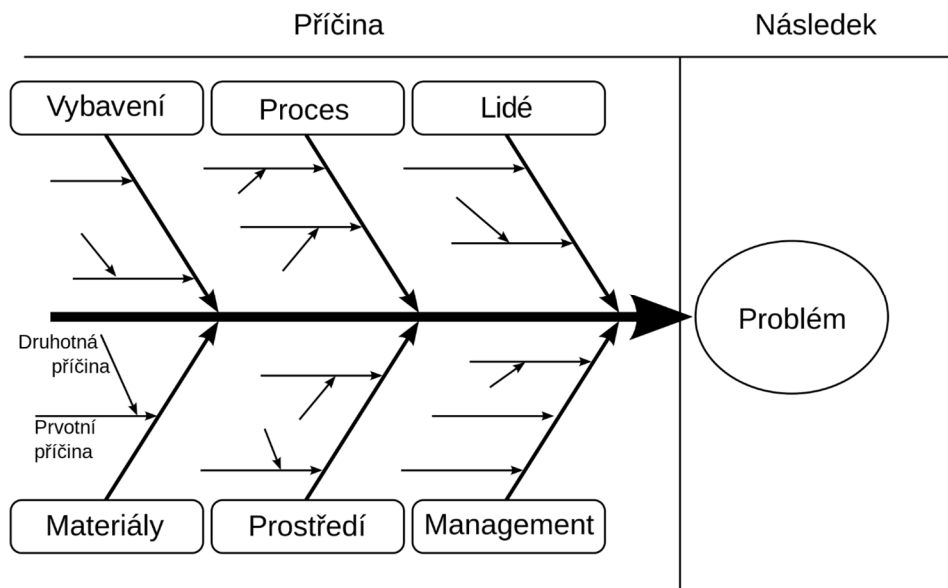
Obr. 2-4 Paretův diagram [9, s. 312]

2.5 Ishikawa diagram

Ishikawa diagram nebo též diagram příčin a následků je grafický nástroj, který zobrazuje příčiny daného následku. Diagram umožňuje nalézt skutečné příčiny řešeného problému, nejen pouze jeho symptomy. Jedná se o jednoduchý nástroj, jehož principem je shromažďování informací o procesech, výsledcích a výkonnosti procesů za účelem jejich zdokonalování. Diagram vyjadřuje hierarchii příčin, která umožňuje analyzovat vzájemné vztahy mezi příčinami. Díky své povaze je tento nástroj určen zejména pro týmovou práci, je snadno pochopitelný, a proto použitelný na všech úrovních řízení.

Samotné sestavení Ishikawova diagramu probíhá prostřednictvím brainstormingu. V rámci přípravy na brainstorming je potřeba zajistit vhodnou místnost a výběr vhodné kolektivy. Následuje potom tabule pro zápis nápadů, na kterou se nakreslí základní kostra diagramu. Důležitým faktorem je také volba moderátora, který bude řídit průběh brainstormingu. Definiuje se problém nebo očekávaný přínos, kde tyto faktory nesmějí být příliš úzce, ale ani široce pojaty. Dále se definují hlavní skupiny příčin, nejčastěji to bývají kategorie: lidé, materiál, prostředí, metody, zařízení. Poté již následuje provedení vlastního brainstormingu, kde určený moderátor postupně vyzývá každého člena týmu, aby zformuloval subpříčinu či elementární příčinu analyzovaného efektu. Zaznamenávají se všechny nápady a jejich kritika je zakázána. Proces se opakuje stále dokola, dokud všichni členové týmu nevyčerpají své nápady. Všechny vyřčené nápady jsou zaznamenány do Ishikawova diagramu.

Vyhodnotit tento diagram lze pomocí bodového hodnocení, kdy každý člen řešitelského týmu má určitý počet bodů, ty v několika kolech postupně přiděluje podle vlastního uvážení nejpravděpodobnějším příčinám. Obodované příčiny se dále zpracují např. pomocí Paretovy analýzy, která určí ty nejdůležitější [9, s. 313–314].



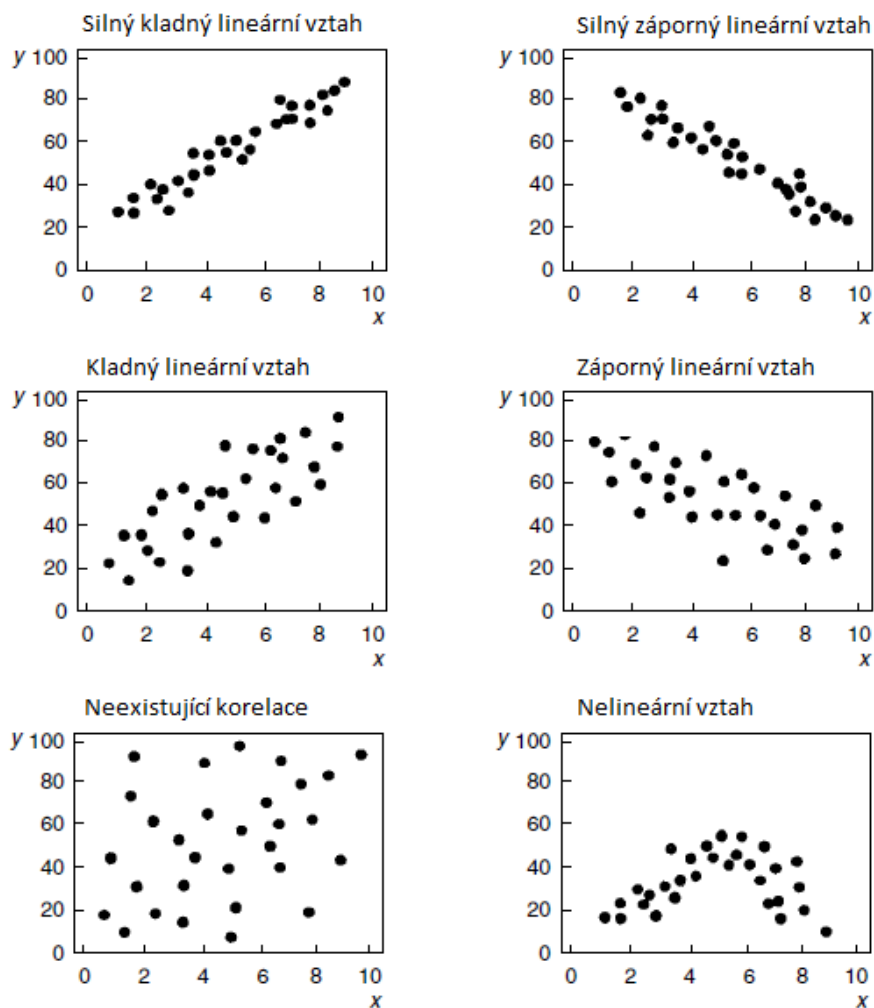
Obr. 2-5 Ishikawa diagram [23]

2.6 Bodový diagram

Bodový diagram je prezentace dvou proměnných veličin prostřednictvím grafického zobrazení, které poskytuje informaci o tom, zda existuje, či neexistuje závislost mezi nimi. Analýza bodového diagramu může rychle poskytnout cenné informace o studovaném procesu.

Postup konstrukce bodového diagramu je následující:

- Zvolení nezávislé proměnné X a závislé proměnné Y ;
- Provedené měření dvojic hodnot závislé a nezávislé proměnné $(X_i; Y_i)$ a ty zaznamenáme do tabulky;
- Z naměřených hodnot sestavíme bodový diagram tak, že dvojice hodnot $(X_i; Y_i)$ znázorníme v pravoúhlé souřadnicové soustavě $(X; Y)$. Každá dvojice $(X_i; Y_i)$ je zobrazena bodem o souřadnicích $[X_i; Y_i]$ [9, s. 314–315].

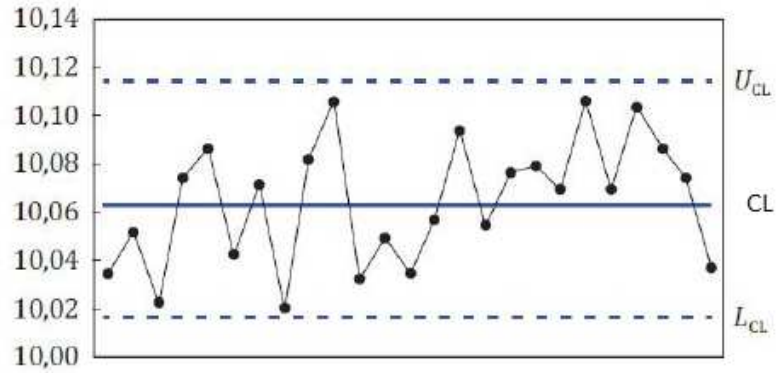


Obr. 2-6 Bodový diagram a vzájemné závislosti [9, s. 316]

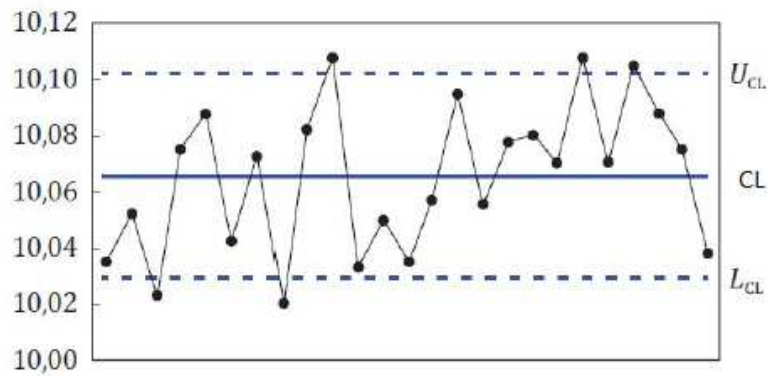
2.7 Regulační diagramy

Regulační diagram je grafické znázornění variability procesu v čase, respektive se ve své podstatě jedná o průběhový diagram s horní a dolní regulační mezí. Horní mez (UCL – upper control limit) a dolní mez (LCL – lower control limit) je defacto hraniční odchylka průběhu procesu. Regulační diagramy slouží pro indikaci stavu procesu, kdy je proces pod kontrolou nebo mimo kontrolu. Pokud všechny body leží uvnitř regulačního pásma, proces je pod kontrolou. Pokud existuje takový bod, který leží mimo toto pásmo, proces je mimo kontrolu.

Proces pod kontrolou má normální rozdělení, a na takový proces tedy nepůsobí žádné nežádoucí vlivy. Zásah do takového procesu není nutný, a navíc průběh v čase lze snadno předvídat. V opačném případě, kdy je proces mimo kontrolu, je to signál, že na něj působí nežádoucí vlivy, a v této situaci nelze předvídat, co se v procesu stane. Pokud by se v této situaci nechal proces nadále mimo kontrolu, znamenalo by to doslova sériovou výrobu zmetků. Proto je třeba takový proces analyzovat, najít kořenovou příčinu, která vedla k selhání systému, a tu následně odstranit. Obr. 2–7 znázorňuje proces pod kontrolou, respektive proces mimo kontrolu na obr. 2–8 [3, s. 38–39].



Obr. 2-7 Proces pod kontrolou [20, s. 26]



Obr. 2-8 Proces mimo kontrolu [20, s. 25]

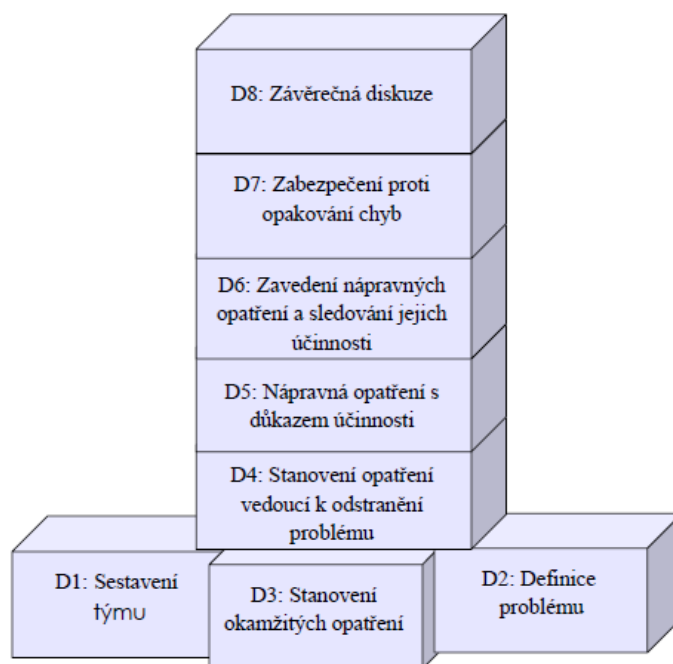
3 Vybrané techniky v oblasti jakosti

Technik neboli metod kvality používaných v procesu řízení jakosti je velké množství. Některé metody jsou využívány spíše ve fázi návrhu, jiné jsou vhodné spíše pro ověřování výroby a další třeba v různých výrobních cyklech. Metody jako např. QFD (Quality Function Deployment), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), DOE (Design of Experiments) jsou typickými představiteli metod využívaných ve fázi prevence, tudíž hlavní nástroj pro návrhy výrobku. Na druhé straně metody jako SPC (Statistical Process Control), Poka-yoke (Mistake proofing, fail-safing) řeší vzniklé problémy přímo ve výrobě, a to s větší, či menší mírou prevence. Ve výrobě lze uplatnit i další metody, které ověřují procesy, jež způsobují vznik rizik nebo přímo ohrožují kritéria kvality. Jedná se např. o metodu 8D Report (8D = osm disciplín), QRQC (Quick Response Quality Control) nebo metoda Quality Journal. Úplně jiné postavení má kupříkladu metoda MSA (Measurement System Analysis), která se aplikuje od návrhu až po samotnou výrobu. Užití jednotlivých metod nemá striktní určení. Metodu FMEA lze aplikovat i ve fázi výroby, pokud nebyla zpracována v předvýrobní fázi. Metodu Quality Journal lze pojmout jako systematický přístup ke zlepšování jakosti. Následující kapitoly předkládají pouze vybrané techniky z oblasti jakosti, nikoliv vyčerpávající přehled všech existujících technik.

3.1 Global 8D Report

Global 8D Report je velmi účinný a efektivní nástroj pro zvyšování jakosti výroby. Je vhodnou metodou po řešení komplexních problémů významného rozsahu. 8D proces zahrnuje všechny aspekty řízení daného problému, a to v první řadě jeho definici, jeho kořenové analýzy, definování teoretických nápravných opatření, identifikaci klíčových opatření, zavedení a sledování jeho účinnosti až po závěrečné ustanovení.

8D proces se skládá celkem z osmi úrovní a slouží k rychlému a trvalému odstranění odchylek, které se u produktu vyskytují, a dále k preventivnímu zabránění vzniku obdobných problémů. Obr. 3–1 zobrazuje schéma jednotlivých kroků 8D procesu:



Obr. 3-1 Schéma 8D procesu [17, s. 2]

V následující části budou podrobněji popsány jednotlivé kroky 8D Reportu.

Sestavení týmu

Prvním krokem je určit zodpovědnou osobu, tzn. vedoucího týmu, ten je zodpovědný za aplikaci 8D procesu. Vlastní tým je sestaven ze zaměstnanců, kteří svými schopnostmi a dovednostmi přispívají k řešení problému. Jednotliví členové týmu se mohou během procesu řešení měnit, a to dle aktuální situace. Na samotném začátku jsou stanoveny role jednotlivých členů. Vedoucí týmu má přidělené kompetence řešit daný problém a implementovat nápravná opatření. Svým podpisem také stvrzuje závěrečnou práci.

Popis problému

Důležitým aspektem je správné a úplné popsání celého procesu, kde se vyskytuje chyba. Popis by měl být jasný a srozumitelný. Detailním popisem se předchází nejasnostem, zbytečným otázkám a nedorozuměním [17, s. 3].

Detailizovat problém je účelné prostřednictvím podpůrných nástrojů a technik, jako jsou např.: „5× proč“, popis problému technikou „Je. / Není.“, vývojovým diagramem, regulačními diagramy, histogramem, Pareto diagramem atp. [18, s. 2].

Stanovení okamžitých opatření

Po oznámení odhalení chyby je nezbytné zavedení okamžitých opatření, aby se izolovaly důsledky problémů, které stojí za nekvalitou. Okamžitá opatření může mít různé formy, např. zastavení dodávek nebo výroby, třídění vyráběných produktů, dodatečné pracovní kroky, zavedení dodatečných kontrol atp. Rozsah okamžitých opatření a jejich výsledky musejí být zdokumentovány a jejich účinnost je průběžně sledována. Nejdůležitější otázkou v tomto bodě je, zda je skutečně zajištěno, že se k zákazníkovi nemohou dostat žádné další špatné výrobky. Poté je zákazník informován o tom, jak a od jakého data je chráněn před dalšími reklamacemi.

Stanovení opatření vedoucí k odstranění problému

Po identifikaci problému nastává proces, kdy se zjišťují jeho příčiny. Pokládají se otázky typu, jakým způsobem mohlo k chybě dojít a proč byla chyba objevena tak pozdě. Provádí se podrobná analýza reklamovaného výrobku, výrobního procesu, a to pomocí analýzy příčin a následků. Vhodné metody pro odhalení příčin je např. strom analýzy poruch, 5× proč atp. Stanovuje se také slabé místo v organizaci, které vedlo ke vzniku odchylky a ke skutečnému pozdnímu rozpoznání chyby.

Zjištěné výsledky analýzy příčin jsou srozumitelně popsány v závěrečné zprávě a jsou vysvětleny zákazníkovi [17, s. 3].

Nápravná opatření

Po odhalení základní příčiny chyb je důležité najít opatření k jejímu trvalému odstranění. Musí být provedeno teoretické a praktické ověření nápravných opatření, aby byla dokázána jejich účinnost a byly vyloučeny vedlejší nežádoucí efekty jejich zavedení [17, s. 3].

K tomuto účelu lze využít FMEA analýzu, metody způsobilosti procesu, analýzu rizik, experimentální techniky jako např. DOE atp. [18, s. 3].

Zavedení nápravných opatření a sledování jejich účinnosti

Ověřená opatření z předchozího bodu jsou nyní zavedena do výroby. Zákazníkovi se sdělí datum zavedení. Pokud nemohou být nápravná opatření zavedena, musí být sestaven detailní časový plán a do jeho naplnění zůstávají v platnosti okamžitá opatření z úrovně D3. Po zavedení nápravných opatření se opět provede vyhodnocení.

Zabezpečení proti opakování chyb

Po zavedení nápravných opatření musí být zajištěno, aby nedocházelo k opakování problémů podobného charakteru při podobných procesech a výrobcích. Tomu je zamezeno prověřením a aktualizací dokumentace a stanovením příslušných opatření v systému řízení kvality.

Závěrečná diskuze

V poslední fázi 8D Reportu se vyhodnotí celý proces řešení problému, kterého se zúčastní celý řešitelský tým. Jednotlivé kroky jsou diskutovány, vyhodnocovány a výsledky jsou dokumentovány. Vlastní uzavření 8D procesu probíhá až po domluvě se zákazníkem.

Pro úspěšné splnění a vydání 8D Reportu musejí být splněny tyto podmínky [17, s. 4]:

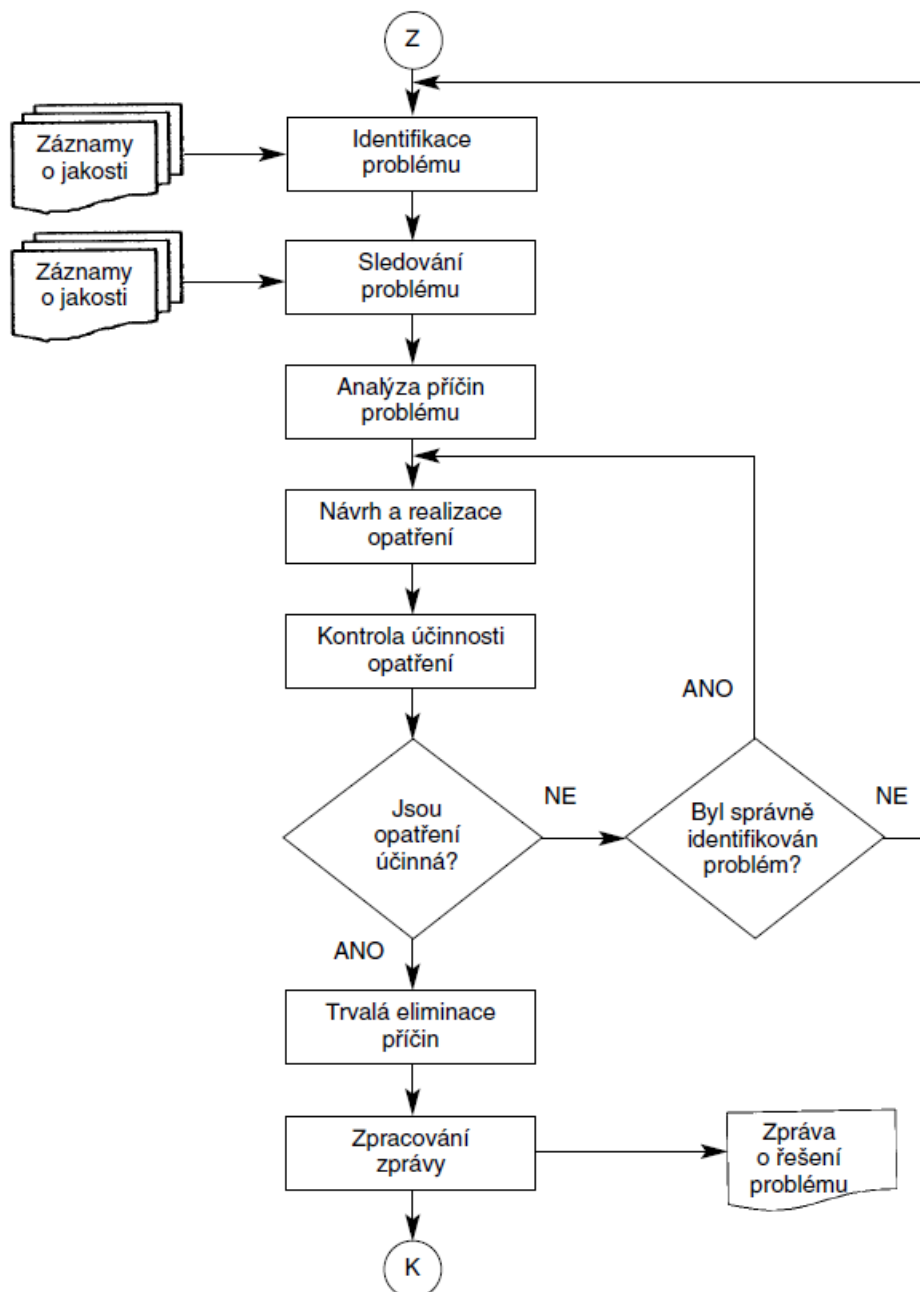
- Příčina chyby je rozpoznána a prokázána.
- Je prokázána účinnost opatření.
- Opatření vedoucí k odstranění problému jsou zavedena a okamžitá opatření zrušena. Jsou definována preventivní opatření proti opakování chyb.

3.2 Quality Journal

Metoda Quality Journal je další z metod využívajících systematický přístup k dosažení požadovaného úspěchu, v tomto případě ke zlepšení jakosti. Základy metody pocházejí z japonského pojetí přístupu ke zlepšování procesů. Jeho průběh je realizován v sedmi krocích, které na sebe navazují v následujícím pořadí [9, s. 235]:

- Identifikace problému;
- Sledování problému;
- Analýza příčin problému;
- Návrh a realizace opatření k odstranění příčin;
- Kontrola účinnosti opatření;
- Trvalá eliminace příčin;
- Zpráva o postupu řešení problému a plánování budoucích aktivit.

Přehledný postup aplikace metody Quality Journal pomocí vývojového diagramu je zobrazen níže na obr. 3–2:



Obr. 3-2 Postup aplikace metody Quality Journal [9, s. 237]

Identifikace problému

První krok znamená shromáždění maxima informací o daném problému, respektive existujících problémech. Po získání potřebných vstupních údajů je nutné stanovit priority a nalézt primární problém. Z tohoto důvodu je důležitým hlediskem co nejpodrobněji popsat současný stav.

Poté je nutné určit výchozí stav, tzn. čeho chceme dosáhnout a jaké to bude mít přínosy. Přínosy by samozřejmě měly být ekonomicky výhodné, a měly by tedy převýšit vstupní náklady.

V neposlední řadě je velice důležité, aby byl zpracován časový harmonogram jednotlivých kroků a stanoven termín vyřešení problémů.

Sledování problému

Sledování problému by mělo probíhat přímo na místě, kde je detekován neboli vzniká. Přímé sledování přináší celou řadu cenných informací a je třeba sledovaný problém zkoumat ze všech stran a úhlů. Základními, ale velmi důležitými informacemi je pak např. místo vzniku, čas a typ příznaku.

Analýza příčin problému

Ke stanovení příčin řešeného problému je ideální využít Ishikawova diagramu za využití brainstormingu. Jedná se tedy o týmovou analýzu možných příčin řešeného problému. Logickým krokem je poté zpracování získaných údajů např. pomocí bodového hodnocení jednotlivých příčin a využití Paretovy analýzy k identifikování nejdůležitější možné příčiny.

Návrh a realizace opatření k odstranění příčin

Před samotnou aplikací navržených opatření by mělo předcházet jejich posouzení z hlediska výběru té nejlepší varianty. Tyto návrhy je proto vhodné zpracovávat v odborném týmu, který zhodnotí jejich výhody a nevýhody, popřípadě vyhodnotí jejich rizika či realizaci z hlediska ekonomického. Z těchto důvodů je přínosné, pokud navrhovaná opatření lze před samotnou realizací experimentálně odzkoušet.

Důležitým aspektem je také rozlišovat mezi nápravou a opatřením k nápravě. Nápravou se rozumí pouze odstranění vzniklého problému, naopak opatření k nápravě se zaměřuje na odstranění příčiny, která má za následek vznik problému.

Kontrola účinnosti opatření

Po schválení varianty řešení a její realizaci je nutné provést kontrolu a zhodnotit účinnost navržených a aplikovaných opatření. Hodnocení se provádí na základě porovnání výchozího stavu před realizací nápravných opatření a stavu po ní. Výsledná zpráva by měla zahrnovat komplexní posouzení všech změn a jejich dopady. Zpráva by měla být zpracována srozumitelně tak, aby jí všichni jasně porozuměli a aby byly zřejmé efekty, které přinesly provedené změny. Pro tento účel se doporučuje prezentace i ve formě finančního vyjádření, kterému každý rozumí a jež je nezbytné pro proces dalšího rozhodování.

Trvalá eliminace příčin

Pokud navržená opatření vedla po zavedení ke zlepšení, je důležité zajistit jejich trvalé zakotvení v systému. Pokud by nedošlo k trvalé implementaci změn, hrozí nebezpečí, že se vše vrátí zpět do původního stavu. Ke změnám však nemůže dojít pouze v dokumentaci, k dosažení trvalých změn je nutné zajištění vzdělávání a výcvik jednotlivých pracovníků.

Zpráva o řešení problému a plánování budoucích aktivit

V závěrečné fázi se zpracovává zpráva o průběhu řešení daného problému, která dokládá postup s konkrétními daty a rozbor, které byly provedeny. Zpráva obsahuje dosažené výsledky s vyhodnocením a sumarizuje problémy, které se nepodařilo vyřešit. Pro tyto přetrvávající problémy je důležité stanovit návrhy k jejich dořešení. Závěrečné hodnocení by mělo obsahovat i samotné posouzení průběhu řešení, aby získané zkušenosti mohly být použity i v následujících aktivitách zaměřených na zlepšování [9, s. 235–238].

3.3 FMEA

Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) je často překládána z původního anglického názvu jako Analýza způsobů a následků poruch. Někdy je též metoda prezentována jako Analýza možností vad a jejich účinků.

FMEA metoda je týmová analýza, která zkoumá možný vznik vad s hodnocením jejich rizik. Metoda pochází z USA, kde byla vyvinuta v šedesátých letech minulého století pro analýzu složitých systémů v jaderné energetice a kosmickém výzkumu. Dnes je metoda využívána ve všech možných oblastech, zejména pak v automobilovém průmyslu. Uvádí se, že její aplikací lze odhalit až 90 % možných neshod [9, s. 117].

Metoda FMEA je hojně využívána zejména při zavádění nových produktů nebo procesů do výroby jako preventivní metoda zjištění jakosti. Lze ji použít i na stávající procesy či ve fázi inovace produktu. Výsledky FMEA jsou průběžně zaznamenávány do vlastního formuláře FMEA, který je živým dokumentem dokazujícím neustálou péči o řízení jakosti. Rozdělení FMEA z pohledu aplikace je nejčastěji na [9, s. 117–118]:

- FMEA návrhu produktu;
- FMEA procesu.

Jiné rozdělení aplikace FMEA přináší dělení na aplikaci [1, s. 82]:

- Konstrukční;
- Technologickou;
- Procesní;
- Organizační.

Přínosy metody a hlavní cíle FMEA [9, s. 117–118; 1, s. 82]

Mezi stěžejní přínosy patří:

- Systémový přístup k nízké nejakosti nebo k její prevenci;
- Zjištění potenciálních vad a jejich příčin, možnost ohodnotit jejich riziko a na tomto základě stanovit priority opatření;
- Možnost optimalizovat návrh na základě rozboru chyb;
- Vytvoření informační databáze chyb o produktu či procesu;
- Náklady na provedení jsou minimální v porovnání s náklady, které by vznikly při výskytu vad.

Hlavním cílem metody FMEA je [9, s. 118]:

- Zhodnocení a analýza současného stavu;
- Navrhnout nápravná opatření, která sníží pravděpodobnost výskytu závady;
- Vyhodnocení stavu po realizaci, zdokumentování průběhu procesu.

3.3.1 Postup metody FMEA

Jednotlivé činnosti při procesu metody FMEA vycházejí z výše uvedených tří cílů. Tyto fáze jsou stejné jak pro konstrukční, tak i pro procesní FMEA.

Zhodnocení a analýza současného stavu

Pověřený pracovník, který má k dispozici tým odborníků, nejprve seznámí jednotlivé členy s řešeným problémem a s požadavky zákazníka. Podrobně představí řešený objekt, jeho funkci a charakteristiku, společně s veškerými přidruženými součástmi. Následuje dekompozice sledovaného objektu na jednotlivé části a ty se následně analyzují. Nejedná se o nic jiného než o vypracování přehledného schématu, kde jsou uvedeny veškeré potenciální vady, které v průběhu života mohou u řešeného objektu nastat. V následujícím kroku je zapotřebí postupně rozebrot uvedené potenciální vady a u těch provést analýzu možných dopadů. Důležitým analytickým bodem je určit potenciální příčiny vzniku jednotlivých vad. Vada může samozřejmě zapříčinit i několik následků a zároveň několik příčin může mít za následek pouze

jednu vadu. Nedílnou součástí analýzy posouzení současného stavu je i způsob řešení prevence vzniku dané vady [9, s. 119–120].

K posouzení stávajícího přístupu kontrolních postupů je použito hodnocení, které možné vady posuzuje ze tří hledisek:

- Význam vady;
- Výskyt vady;
- Odhalitelnost vady.

Každé hledisko je hodnoceno zvlášť a pro číselné vyjádření se používá bodové hodnocení od 1–10 bodů, kde deset bodů znamená nejhorší možný výsledek daného hlediska. Význam vady je posuzován z pohledu, kdy se určuje samotná závažnost vzniklé vady a dopady pro zákazníka. Hodnocení 1 znamená, že daná vada nemá žádný vliv, naopak nejhorší 10bodové hodnocení znamená kritickou vadu, která ohrožuje nebo znemožňuje vlastní funkci a použití [9, s. 120].

Následek	Kritéria významu následku	Hodnocení
Kritický – bez výstrahy	Velmi vysoké hodnocení významu, kdy vada bez výstrahy ohrožuje bezpečný provoz vozidla a/nebo znamená nesplnění závazného předpisu.	10
Kritický – s výstrahou	Velmi vysoké hodnocení významu, kdy vada s výstrahou ohrožuje bezpečný provoz vozidla a/nebo znamená nesplnění závazného předpisu	9
Velmi vážný	Vozidlo/prvek nefunkční se ztrátou hlavní funkce.	8
Vážný	Vozidlo/prvek funkční, ale se sníženou výkonností. Zákazník velmi nespokojen.	7
Střední	Vozidlo/prvek funkční, ale části zajišťující pohodlí nefungují. Zákazník nespokojen.	6
Nizký	Vozidlo/prvek funkční, ale části zajišťující pohodlí fungují se sníženou výkonností. Zákazník poněkud nespokojen.	5
Velmi nízký	Ozdobné nebo tlumicí prvky neodpovídají. Vadu zaznamená většina zákazníků (přes 75 %).	4
Nepatrný	Ozdobné nebo tlumicí prvky neodpovídají. Vadu zaznamená 50 % zákazníků.	3
Zanedbatelný	Ozdobné nebo tlumicí prvky neodpovídají. Vadu zaznamenají nároční zákazníci (méně než 25 %).	2
Žádný	Žádný následek.	1

Tab. 3-1 Příklad hodnocení významu vady [9, s. 121]

Hodnocením výskytu vady je míra pravděpodobnosti, která určuje, že se daná vada u sledovaného výrobku vyskytne. Pro stanovení pravděpodobnosti se často využívá porovnání s podobnými výrobky, které jsou již na trhu.

Pravděpodobnost výskytu vady	Možný výskyt vad	Hodnocení
Velmi vysoká: neustálé vady	≥ 100 na tisíc vozidel/prvků	10
	50 na tisíc vozidel/prvků	9
Vysoká: časté vady	20 na tisíc vozidel/prvků	8
	10 na tisíc vozidel/prvků	7
Střední: občasné vady	5 na tisíc vozidel/prvků	6
	2 na tisíc vozidel/prvků	5
	1 na tisíc vozidel/prvků	4
Nizká: poměrně málo vad	0,5 na tisíc vozidel/prvků	3
	0,1 na tisíc vozidel/prvků	2
Vzdálená: vada je nepravděpodobná	≤ 0,01 na tisíc vozidel/prvků	1

Tab. 3-2 Příklad hodnocení očekávaného výskytu vady [9, s. 121]

Hledisko odhalitelnosti vychází ze současného stavu kontrolních opatření a postupů, které se používají k posouzení výrobku. Pokud samotnou vadu či její příčiny nelze prakticky odhalit, je bodové hodnocení vysoké, v opačném případě, kdy je samotná odhalitelnost vysoká, je bodové hodnocení nízké [9, s. 120].

Odhalitelnost	Pravděpodobnost odhalení vady při posuzování návrhu produktu	Hodnocení
Absolutní nejistota	Posuzování návrhu produktu neodhalí možnou příčinu vady ani následnou vadu nebo se posuzování neprovádí.	10
Velmi nepravděpodobná	Je velmi nepravděpodobné, že posuzování návrhu produktu odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	9
Nepravděpodobná	Je nepravděpodobné, že posuzování návrhu produktu odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	8
Velmi nízká pravděpodobnost	Velmi nízká pravděpodobnost, že posuzování návrhu produktu odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	7
Nízká pravděpodobnost	Nízká pravděpodobnost, že posuzování návrhu produktu odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	6
Průměrná pravděpodobnost	Průměrná pravděpodobnost, že posuzování návrhu produktu odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	5
Mírně nadprůměrná pravděpodobnost	Mírně nadprůměrná pravděpodobnost, že posuzování návrhu produktu odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	4
Vysoká pravděpodobnost	Vysoká pravděpodobnost, že posuzování návrhu produktu odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	Velmi vysoká pravděpodobnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	2
Téměř jistota	Posuzování návrhu produktu téměř jistě odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	1

Tab. 3-3 Příklad hodnocení odhalitelnosti vady [9, s. 121]

Po stanovení jednotlivých hodnot parametrů význam/výskyt/odhalitelnost následuje výpočet rizikového čísla (Risk Priority Number).

Rizikové číslo = Význam × Výskyt × Odhalitelnost

Toto číslo může nabývat hodnoty od 1 do 1000. Jedná se o provedení součinu jednotlivých parametrů významu, výskytu a odhalitelnosti. Následuje stanovení kritické hodnoty rizikového čísla, kterou většinou stanovuje zákazník. Způsobů určení rizikového čísla může být několik, někdy se uvádí hodnota 125, což odpovídá průměru u všech hodnotících parametrů ($5 \times 5 \times 5$), v jiném případě je volena hodnota 100 či v případě vyšších požadavků na spolehlivost může být toto číslo ještě nižší. Pro stanovení rizikového čísla lze využít i jiné nástroje určení, jako je např. Paretova analýza [9, s. 121–122].

Návrh opatření

Po vyhodnocení rizika vzniku možných vad a jejich dopadů je nutné navrhnout vhodná opatření, které eliminují nebo alespoň sníží jejich dopady. Pokud hrozí nebezpečné následky, je potřebné se zaměřit na snižování významu. Pokud se o nebezpečné následky nejedná, prioritu má snížení pravděpodobnosti výskytu vady a jako druhořadý cíl je snižování samotné odhalitelnosti. Tímto končí první fáze analýzy, kdy byla stanovena opatření, která jsou předložena odpovědné osobě ke schválení. Odpovědná osoba přiděluje pravomoci k realizaci, včetně stanovení termínů plnění [9, s. 122].

Vyhodnocení stavu po realizaci

Po implementaci nápravných opatření následuje poslední etapa FMEA analýzy, kdy tým ve stejném složení opětovně hodnotí nová rizika možných vad, na která byla nápravná opatření zaměřena. Hodnocení probíhá stejným bodovým systémem jako v případě hodnocení současného stavu. Do formuláře FMEA se zapisují provedená opatření, a to včetně uvedených nových hodnot rizikových čísel. Změny v samotné hodnotě jednotlivých rizikových čísel umožňuje snadné hodnocení účinnosti navržených opatření. Pokud dojde k poklesu pod stanovenou hodnotu rizikového čísla, lze považovat nápravná opatření za dostačující. Pokud je rizikové číslo stále nad jeho hranicí, je třeba provést navržení dalších nápravných opatření a posléze opětovně přepočítat tyto hodnoty [9, s. 123].

Sub-sys-tém	Objekt/funkce		Potenci-ální způsob poruchy	Potenciální důsledky poruchy		ZÁVAŽNOST	TŘIDA	Potenci-ální příčina (příčiny)/mecha-nizmus (mecha-nizmy) poruchy	Podrobná příčina (příčiny)/mecha-nizmus (mecha-nizmy) poruchy	V ý s k y t	Aktuální řízení návrhu ohledně prevence	Aktuální řízení návrhu ohledně detekce	D e t e k c e	RPN	Doporu-čené (doporu-čená) opatření	Odpo-vidá Cílové datum dokonče-ní	Výsledky opatření		
	Montážní sestava	Sou-část		Místní důsledek	Konečný důsledek												Z á v ě ž	Prove-řená opatření	V ý t
	Napájecí zdroj																		
		D1	Zkrat +pólů baterie na -zem		Vybítí baterie, „vrat se domů pěšky“	10	Vnitřní vada součástky	Průraz materiálu	3	Volba kvalitnější součástky s vyšším jmenovitým zatžením	Hodnocení a validační zkoušky bezporu-chovosti	1	30						
		D1	Přerušení ochrana proti pře-pólování		Neza-sluhuje pozornost	2	Vnitřní vada součástky	Vada kontaktování nebo prasklina v polovodiči	3	Volba kvalitnější součástky s vyšším jmenovitým zatžením	Hodnocení a validační zkoušky bezporu-chovosti	2	12						
		C9	Zkrat +pólů baterie na -zem		Vybítí baterie, „vrat se domů pěšky“	10	Vnitřní vada součástky	Průraz dielektrika nebo prasklina	3	Volba kvalitnější součástky s vyšším jmenovitým zatžením	Hodnocení a validační zkoušky bezporu-chovosti	1	30						
		C9	Přerušení filtrace proti elmg. rušení		Provoz objektu mimo specifikaci	2	Vnitřní vada součástky	Přerušení kontaktu mezi přívodem a polepem, netěsnost, dutina či prasklina	2	Volba kvalitnější součástky s vyšším jmenovitým zatžením	Hodnocení a validační zkoušky bezporu-chovosti	1	4						
		L1	Přerušení napětí -V1		Objekt je nefunkční. Žádné varování	9	Vnitřní vada součástky	Prasknutí materiálu	2	Volba kvalitnější součástky s vyšším jmenovitým zatžením	Hodnocení a validační zkoušky bezporu-chovosti	1	18						
		R91	Přerušení napětí pro spínací obvod		Objekt je nefunkční. Žádné varování	9	Vnitřní vada součástky	Přerušení vodivého spojení nebo materiálu	2	Volba kvalitnější součástky s vyšším jmenovitým zatžením	Hodnocení a validační zkoušky bezporu-chovosti	1	18						

Tab. 3-4 Příklad FMEA formuláře [19, s. 36]

PRAKTICKÁ ČÁST

4 Charakteristika vybrané společnosti

Předmětem zkoumání v této analýze je společnost s dlouholetou tradicí, která se zabývá strojírenskou výrobou v segmentu leteckého odvětví. S počtem zaměstnanců v řádech tisíců se řadí mezi významné producenty se zaměřením na letecký průmysl v České republice.

Samotné portfolio činností je velmi komplexní, kde lze uvést např.:

- Vývoj a výroba jednotlivých dílů;
- Servisní činnost;
- Modifikace komponentů dle přání zákazníka;
- Výzkum a vývoj;
- Dodavatelská činnost dílů ze speciálních slitin či kompozitů;
- atd.

Pro zajištění výše uvedených procesů disponuje podnik vlastními výrobními halami, kde se zabezpečují jednotlivé činnosti. Pro potřebu výroby takto specifických dílů jsou součástí podniku pracoviště jako např.:

- Obrobna;
- Kalírna;
- Zkušebna a vývojové oddělení;
- Oddělení povrchové ochrany materiálu;
- Montáže;
- Broušení a ohýbání;
- NDT pracoviště;
- atd.

4.1 Společnost v tržním prostředí

Každý výrobní podnik je součástí tržního prostředí, ve kterém podniká a je ovlivňován jeho aspekty. Hlavním aspektem ve vybrané společnosti je dodavatelsko-odběratelská činnost, kdy zákazník požaduje finální produkt s předem specifikovanými vlastnostmi. Jedná se zejména o komponenty z hliníkových slitin, u kterých je vysoký požadavek na mechanické vlastnosti. Výchozí materiál se zajišťuje dodavatelským způsobem přes zprostředkovatelské subjekty. Zde je nutná perfektní koordinace všech procesů, které jsou součástí zabezpečení kvality nakupovaných materiálů.

4.1.1 Zákazníci

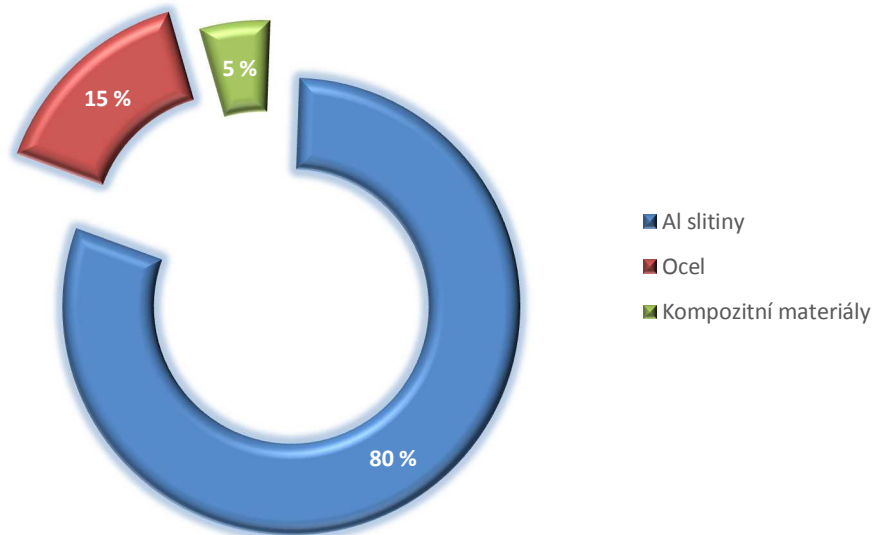
Mezi odběratele patří jak tuzemské, tak i zahraniční společnosti, které tyto specifické výrobky montují do sestav při samotné výrobě letounů nebo při jejich opravách. V důsledku dodržování přísných požadavků na kvalitu dodávaných součástí je zákazníky vyžadováno zavedení řady systémů, certifikací a atestů pro dodržení vysoké jakosti.

4.1.2 Konkurence

Vzhledem ke složitosti výroby a nutnosti dodržování přísných kritérií za účelem garantování specifických vlastností je tuzemské konkurenční prostředí velmi malé. V zahraniční konkurenci společnost těží především z dlouholeté tradice, technických znalostí a odborné způsobilosti. Významným faktorem je také výhodná poloha České republiky a nižší cena práce v porovnání s mezinárodními podniky.

4.2 Výroba

Výrobní základnu analyzované společnosti vytváří poptávka ze strany zákazníků. Pro letecký průmysl jsou charakteristickým znakem použité speciální materiály ve výrobě, na které jsou kladeny zejména vysoké mechanické nároky a nízká hmotnost. Vzhledem ke své specializaci se jedná ve vybrané společnosti o výrobu kusové či malosériové výroby. Obrázek níže zobrazuje zastoupení materiálů z pohledu výroby.



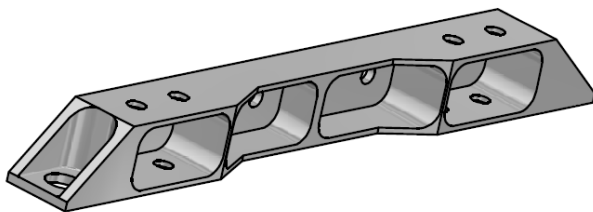
Obr. 4-1 Zastoupení materiálů ve výrobě

4.3 Výrobní sortiment

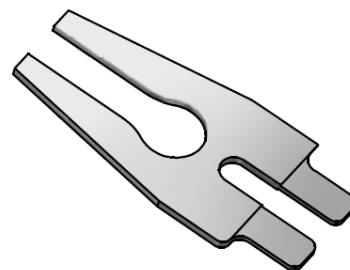
Výrobky jsou tříděny dle druhu výchozího materiálu, ze kterého byly vyrobeny. Převážnou část tvoří hliníkové slitiny, které se nakupují v podobě válcovaných plechů, desek nebo výkovek. Ocelové materiály jsou nejčastěji přejímány v podobě výkovek. Kompozitní materiály jsou pro analyzovanou společnost spíše okrajovou záležitostí. V případě výroby se jedná zejména o použití uhlíkových a aramidových vláken a vhodné matrice, která váže jednotlivé prvky dohromady.

4.3.1 Výrobky z hliníkových slitin

Příklady hotových výrobků z hliníkových slitin.



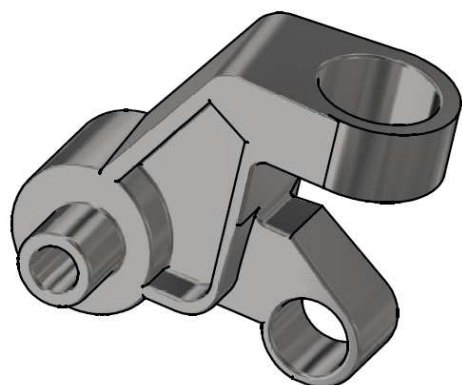
Obr. 4-2 Nosník



Obr. 4-3 Distanční přípravek

4.3.2 Výrobky z oceli

Příklady součástí z oceli



Obr. 4-4 Součást podvozkové sestavy



Obr. 4-5 Závěs

5 Systém řízení jakosti vybrané společnosti

Pro udržení vysokého standardu jakosti je nutné zavedení a dodržování certifikovaných systémů řízení jakosti. Analyzovaná společnost disponuje IMS (integrovaný systém řízení) jakosti, bezpečnosti práce a environmentu podle norem ISO 9000, ISO 9001, AS 9100, ISO 14001, OHSAS 18001. Dále je držitelem všech potřebných atestů a certifikátů potřebných pro svoji činnost dle platných mezinárodních norem. V neposlední řadě je držitelem oprávnění k jednotlivým činnostem a pro subdodavatelskou činnost disponuje potřebnými certifikáty podle požadavků zákazníka nebo v rámci akreditace v souladu NADCAP (National Aerospace and Defence Contractor Accreditation Program).

NADCAP – Představuje ucelený systém požadavků na kvalitu, které klade na výrobu zejména v leteckém a obranném průmyslu. Program sjednocuje přístupy k procesům zabezpečujícím vysokou jakost a klade důraz na neustálé zlepšování. Certifikát je známkou kvality v oblasti leteckého průmyslu.

5.1 Systém ověřování nakupovaného produktu

Proces nakupování produktu ve vybrané společnosti se řídí dle vnitropodnikové směrnice VPS č. 6/99. Dokument stanovuje činnosti při vstupní kontrole produktu nebo díla do společnosti s cílem ověření a splnění všech požadovaných kvantitativních a kvalitativních parametrů [26].

5.1.1 Požadavky na nakupovaný produkt

Veškeré produkty vstupující do podniku musejí být evidovány a přejímány za stanovených podmínek, které jsou určeny [28]:

- Kupní smlouvou a materiálovými normami;
- Výkresy nebo jinými technickými specifikacemi nakupovaných položek;
- Sjednanými technickými předpisy, které jsou prováděny dle technických specifikací.

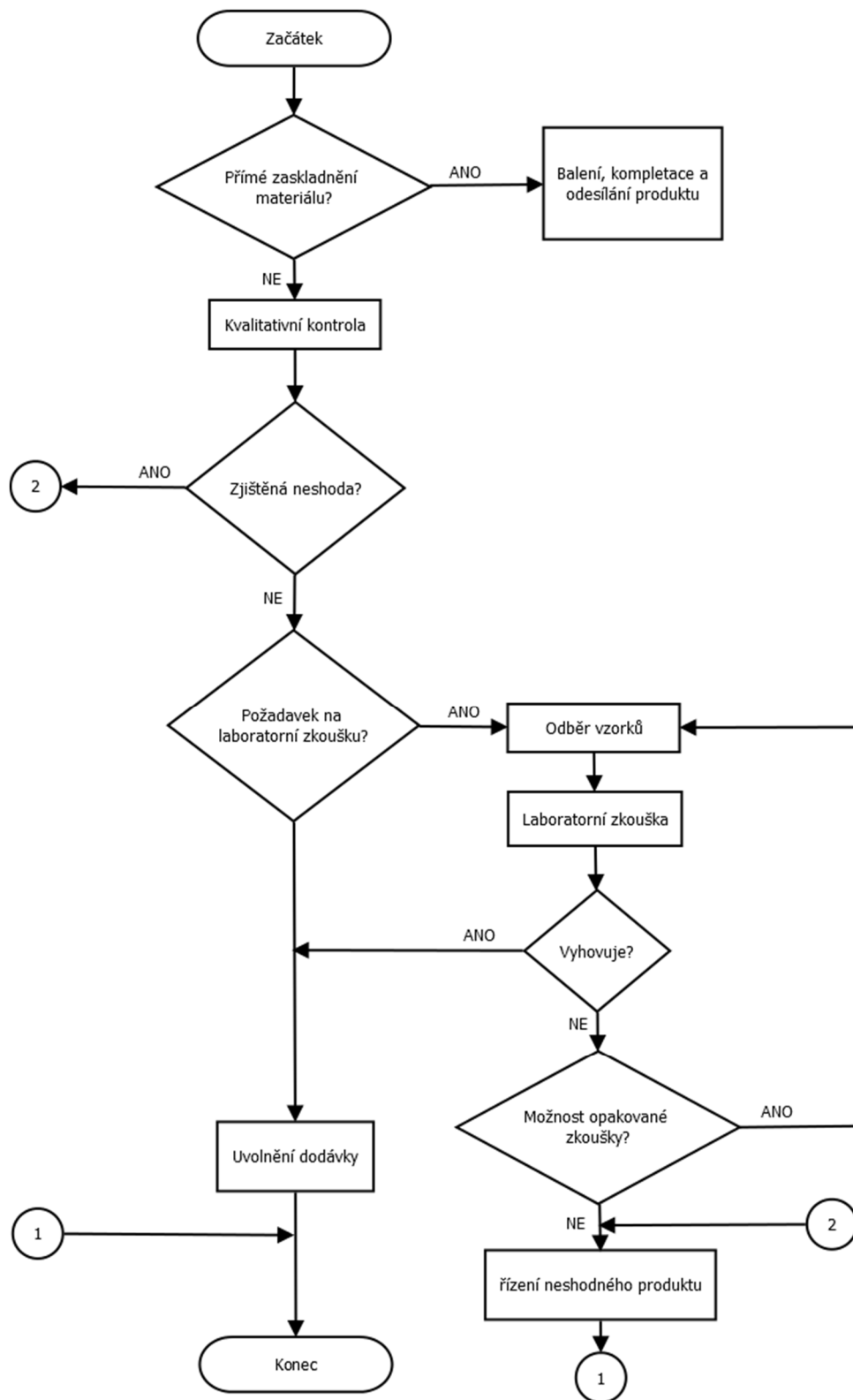
Laboratorní a ostatní speciální zkoušky jsou prováděny dle technických specifikací, které navazují na sjednané technické dodací předpisy. Rozsah i obsah dané kontroly je stanoven tak, aby byla zajištěna výsledná vysoká jakost produktu. Veškeré produkty vstupující do podniku musejí být evidovány a přejímány za stanovených podmínek [26]:

Dodávka a přejímka se uskutečňuje na základě:

- a) **Certifikace** – Dodavatel ručí za chemické složení a mechanické vlastnosti materiálu dodávaného do společnosti. Tyto vlastnosti ověřuje stanoveným způsobem a metodami. Kvalitu dodávaného produktu deklaruje certifikátem.
- b) **Interních přejímacích zkoušek a plánů** – Jedná se velmi často o statistickou přejímku, která snižuje náklady vynaložené na samotnou kontrolu, a to při zachování přijatelné úrovně jakosti. Statistická přejímka je používána pro zajištění shody s požadavky, nikoliv pro zlepšení jakosti.

Za určitých specifických podmínek může přejímka materiálu probíhat u dodavatele. Jedná se zejména o kontrolu nového dodavatele, nebo dodavatele, u něhož byly předchozí dodávky nevyhovující a staly se pro výrobu kritickými.

Produkty vstupující do společnosti nesmějí být použity bez řádného ověření se specifickými požadavky a tyto produkty s nimi musejí být ve shodě. Produkty, které nesplňují dané požadavky, musí být označeny, zdokumentovány a jejich dalšímu použití musí být zamezeno. Produkty vyhovující přejímce jsou dále označeny a dokumentovány.



Obr. 5-1 Systém vstupu materiálu do společnosti [26]

5.2 Systém kontrolních činností

Technickou kontrolu provádějí převážně pracovníci oddělení kvality. V podřízenosti jsou to pak zejména pracovníci jednotlivých výrobních útvarů, kteří mají statut samokontroly (viz kapitola 3.2.4 Samokontrola).

Smyslem provádění technických kontrol je průběžné porovnání skutečných parametrů výrobků s údaji, které obsahuje technická dokumentace. Tímto postupem se odhalí nesoulad v jakosti produktu a zabrání se expedici nevyhovujícího výrobku k následné operaci ve výrobě, popřípadě až k zákazníkovi.

Pro zajištění provedení technické kontroly musejí mít odpovědné osoby k dispozici potřebné informace o zakázce. Jedná se zejména o tyto dokumenty:

- Technologický postup;
- Platnou konstrukční dokumentaci;
- Předpisy pro výrobu, montáž, kontrolu a zkoušení;
- Technologické návody a instrukce;
- Normy;
- Technické dodací předpisy;
- Smlouvy (konkrétně části o technických parametrech výrobku);
- Ostatní dokumenty (zápisy z předešlých kontrol, atesty, osvědčení).

5.2.1 Vstupní kontrola

Přejímka probíhá na základě certifikace nebo ověřování prostřednictvím přijímacích zkoušek na základě smlouvy, zákonem nebo jiným dokumentem (normy atp.)

Kontrola prvního kusu se provádí u prvně vyráběného dílu nebo sestavy, kde je vyžadováno ověření technické dokumentace nebo celé technologie výroby. Kontrola se provádí dle *AS 9102 Letectví a kosmonautika – Systém kvality – První kontrolovaný kus*. Podmínky provedení této kontroly se řídí vnitřními předpisy a může být provedena i při déle trvajícím přerušení výroby dané součásti nebo sestavy.

Kontrola prvního kusu z výrobní dávky je předepsána v technologické dokumentaci. Kontrola je stanovena dle pravidel normy *AS 9102* nebo dle požadavků zákazníka, plánů kvality a zejména u dílů s vysokým výskytem chyb a vad. O nařízení kontroly z důvodů vysokého výskytu vad musí rozhodnout kompetentní oddělení.

Ověřovací kus vyráběný nebo nakupovaný podle podkladů poprvé, nebo vyráběný/nakupovaný opakovaně vždy po přerušení výroby/dodávky po době delší než 2 roky, dále pak také při změně dodavatele, konstrukční změně, změně technologie, změně výrobního zařízení nebo nástroje [33].

5.2.2 Výrobní kontrola

Jednotlivé kontroly v průběhu výroby produktu se nazývají **mezioperační kontroly** a probíhají na základě platné technické dokumentace schválené zákazníkem. Výrobek je předložen k provedení technické kontroly v průběhu výroby po dokončení předepsaných výrobních operací. V případě, kdy po dokončení technologické operace není v technické dokumentaci předepsána technická kontrola, pokračuje výrobní činnost navazující technologickou operací [33].

5.2.3 Výstupní kontrola

Konečná kontrola se provádí po skončení celého souboru operací, které tvoří uzavřený technologický cyklus a na jehož konci je výrobek dohotoven. Pakliže není smlouvou dáno jinak, jedná se především o kontrolu o provedení všech předcházejících operací na průvodce práce a úplnost veškerých údajů, které má obsahovat.

Funkční zkouška se provádí u sestav, technologických celků nebo výrobků, u nichž je potřeba ověřit, zda jsou splněny požadavky na předepsanou funkci.

Výstupní přejímka je realizována dle smlouvy mezi zákazníkem a vyhotovitelem produktu.

Nezávislá výstupní přejímka je prováděna prostřednictvím zástupce zákazníka, zástupcem státního ověřování jakosti, Úřadem civilního letectví, popřípadě Odborem vojenského letectví Ministerstva obrany [33].

5.2.4 Samokontrola

Jedná se o technickou kontrolu, kterou provádí pracovník s právem provádět kontrolu své vlastní práce standardně prováděnou pracovníkem kvality, a to včetně potvrzení do příslušné pracovní dokumentace. Samokontrola může být vykonána pouze na vlastním pracovišti a nesmí být provedena na kontrolní operaci, která navazuje na několik předchozích, po sobě jdoucích výrobních operací, pokud je všechny neprovedl pracovník s oprávněním samokontroly [29].

5.2.5 Interní audity

Pro efektivní uplatňování a udržování systémů managementu jakosti jsou v organizaci plánovány a prováděny audity. Jedná se o postupy a činnosti, které zabezpečují požadavky jednotlivých norem a systémů, které jsou stanoveny samotnou organizací. Audity vycházejí z požadavků jednotlivých norem, interních dokumentů nebo dle požadavků zákazníka [30].

Interní audity jsou ve společnosti řízeny interními auditory, které do této funkce jmenuje management společnosti, a to po dosažení splnění předepsaného školení a praxe. Interní audity se dále dělí na:

Interní audit systémový – audit prováděný vlastními auditory společnosti uvnitř organizace pro ověření shody s požadavky norem ISO, respektive ČSN a ve výkladech organizačních směrnic a ostatních dokumentů, které obsahují postupy v rámci interních auditů.

Interní audit speciálních procesů – Audit provádějí inženýři speciálních procesů v rámci organizace pro ověření shody s požadavky systému NADCAP, technických specifikací organizace a jejich zákazníků.

Flash audit – audity procesů, postupů, činností na základě nutnosti ověření plnění požadavků mimo plán auditů. Jedná se zejména o kontrolní audity plnění požadavků BOZP, environmentu a audity plnění zásad 5S atd.

Mimořádný audit – jedná se o neplánovaný audit provedený na základě požadavků výkonného ředitele představitelem vedení IMS organizace nebo útvarem managementu jakosti, a to mimo schválený program auditů.

Víceúrovňový audit – audit zaměřující se na sledování, validaci a způsob výroby [30].

5.2.6 Externí audity

Externí audit je prováděný (zákazníkem) druhou stranou primárně za účelem zvýšení důvěryhodnosti mezi dodavatelem a zákazníkem. Nedílnou součástí je také předcházení vzniku chyb a vad, případně omylů a nedorozumění při výrobě a dodávce požadovaných produktů. Při

externím auditu si zákazník utváří vlastní názor na kulturu v dané společnosti a na samotný podnikový systém. Výstup z externího auditu má význam pro zákazníka z pohledu ověření stanoveného systému vstupní a výstupní kontroly prováděné dodavatelskou společností.

5.2.7 Externí audit třetí stranou

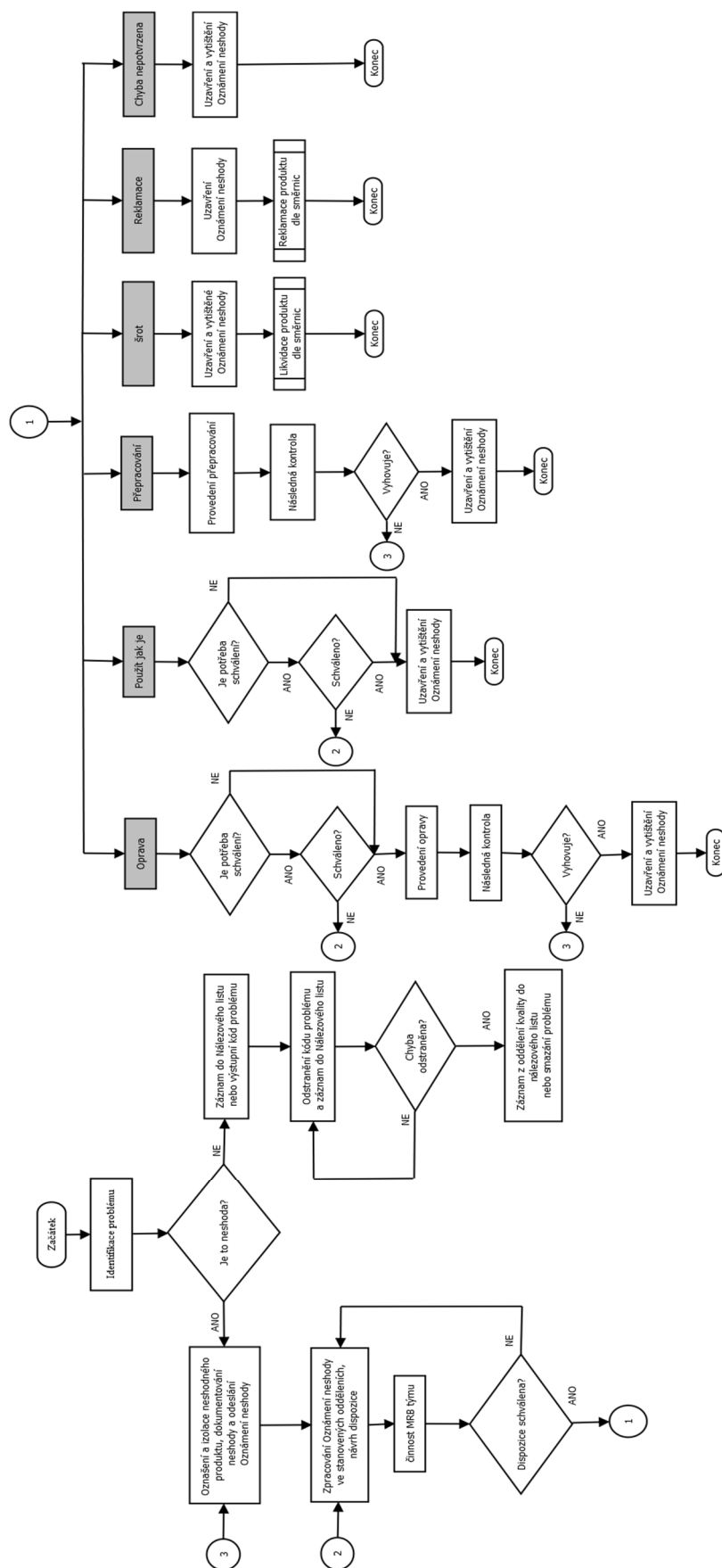
Audit třetí stranou je prováděn nezávislou organizací za účelem ověření systému managementu organizace. Provádí ho nezávislá, nestranná a nezaujatá strana, výsledek auditu třetí stranou dokládá funkčnost sledovaného systému a stupeň plnění. Společnost dokládá externími audity způsobilost výroby v souladu s příslušnými normami, předpisy atp.

5.3 Systém řízení neshodného produktu

Požadavkem je, aby všechny neshodné produkty byly včas zaznamenány a řešeny adekvátním způsobem. Neshodné produkty jsou označeny a izolovány od rozpracované výroby. Pakliže se jedná o zjištění neshody v již probíhajícím procesu (např. na bázi pravidelného testování vzorků či kalibrací), je nutné vyhodnocení dopadu na již vyrobené díly. K těmto úkonům se prvotně používá formulář *Oznámení neshody* (příloha č. 1), popřípadě *Nálezový list* (Příloha č. 2), pokud se jedná o drobné nedostatky, které vznikly v důsledku výroby a lze je odstranit na místě. O způsobu řešení rozhoduje oddělení kvality [27].

V případě vystavení neshody je tato skutečnost ověřena podle vnitropodnikové směrnice pro řízení neshodných produktů. Každý dotčený útvar zpracovává Oznámení neshody s tím, že rozhodovací pravomoc má vždy oddělení konstrukce. To také může rozhodnout o použití neshodného produktu ve stavu „jak je“ nebo „oprava“ v případě, že tato odchylka nebude mít vliv na požadovanou funkci, kterou zákazník vyžaduje. Pro tento krok je vždy potřeba souhlasu ze strany zákazníka, a to dokumentovatelným způsobem [27].

MRB tým (Material Review Board) – tým odborníků, zabývající se návrhem zpracování a oprav neshodného produktu. Členové MRB týmu jsou vyčleněni z jednotlivých výrobních oddělení, která spolupracují a hledají příčiny vzniku dané neshody.



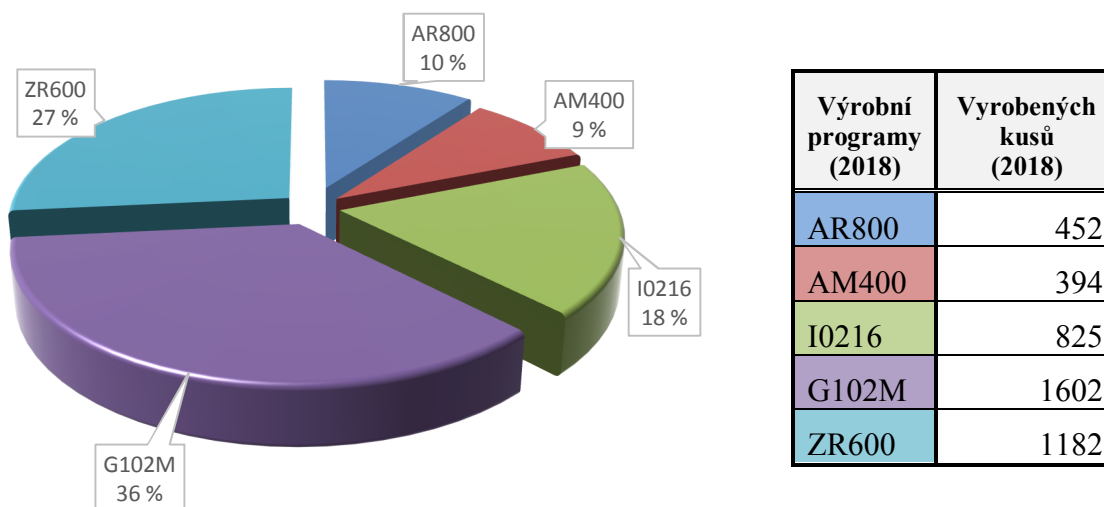
Obr. 5-2 Postup činnosti při zjištění neshodného produktu

6 Analýza zmetkovitosti ve vybrané společnosti

Jako výchozí data pro analýzu zmetkovitosti byly použity údaje za období leden až září 2018. Po konzultaci s odpovědnými pracovníky bylo rozhodnuto, že se analýza bude vztahovat na výrobky ze slitin hliníku, neboť tento segment výroby zastupuje největší podíl z celkové produkce výroby ve vybrané společnosti. Analýza se zaměřuje na vystavené neshody u součástí, které neprošly interními zkouškami. Do statistiky jsou také zahrnuty součásti, které z nějakého důvodu neprošly danými zkouškami, ale následně byly tyto nedostatky odstraněny metodami dostupnými a používanými v analyzované společnosti. Naopak do statistiky nebyly zahrnuty výrobní sestavy, které se mnohdy kompletují až na místě u zákazníka.

6.1 Analýza zmetkovitosti za sledované období

Dle dostupných dat z evidence zmetkovitosti bylo patrné, že ve sledovaném období leden až září 2018 je v oblasti výroby produktů z hliníkových slitin zvýšena zmetkovitost u výrobního projektu AR800, viz Obr. 6–1. Jednotlivé projekty jsou realizovány v závislosti na požadavcích zákazníka a během roku může být jejich produkce různě vysoká, či se výrobně překrývají. V roce 2018 se jednalo celkem o 5 významných výrobních programů, které probíhaly dle dodacích podmínek. Ostatní výroba z hliníkových slitin byla z hlediska zmetkovitosti nevýznamná a do analýzy nebyla tato data zahrnuta.



Obr. 6-1 Zastoupení programů výroby z Al slitin ve sledovaném období

Ve výchozím období bylo celkem pět výrobních programů z Al slitin, které se vyznačovaly rozdílnou produkcí, pracností, použitou technologií a také výskytem zmetkovitosti. Obrázek níže znázorňuje výskyt zmetkovitosti u jednotlivých výrobních programů.

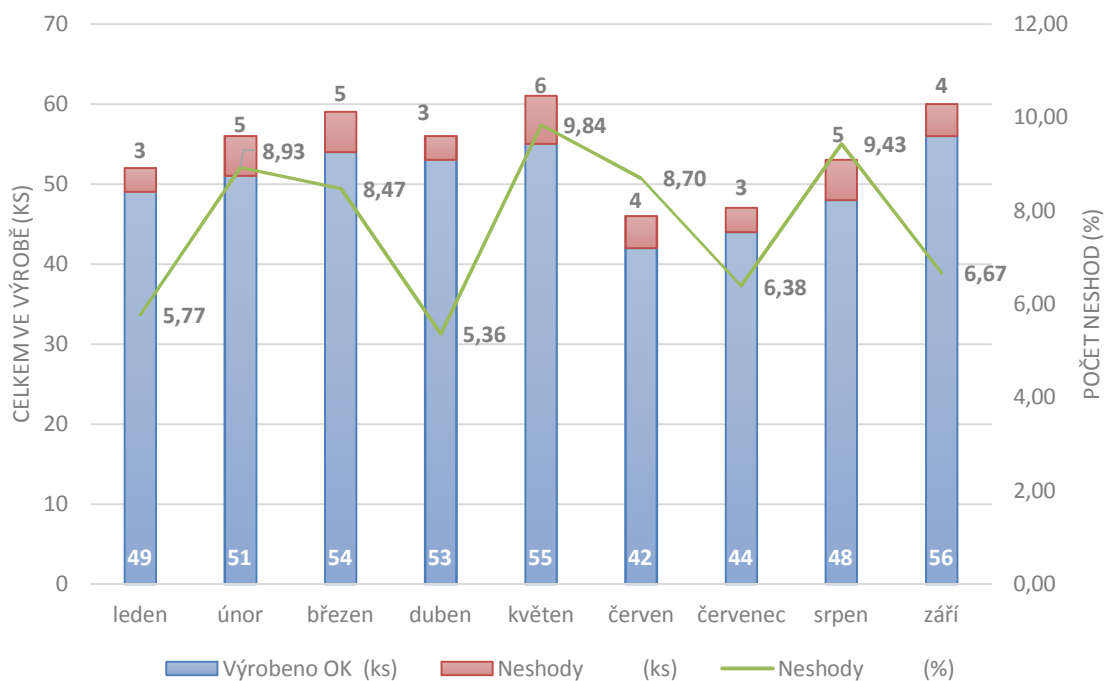
Jednotlivé výrobní programy jsou realizovány dle plánů, které vyhotovuje Oddělení plánování výroby ve spolupráci s dotčenými výrobními útvary. Samotná realizace výroby probíhá zejména na základě kapacitních možností výroby, zajištění kvalifikovaných lidských zdrojů a také na základě požadavků zákazníka. Ve výchozím období probíhala výroba jednotlivých programů následovně:

Program AR800

Program zahrnuje výrobu nosníkových konstrukcí, z nichž se skládají trupy letadel. Jedná se o velikostně a stranově rozličné tvary nosníků, které vyžadují vysokou přesnost výroby, a důraz je kladen především na mechanické vlastnosti materiálu. Výroba v roce 2018 probíhala následovně, viz tabulka 6–1 a obr. 6–2.

Program AR8000	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	Σ
Výrobno OK (ks)	49	51	54	53	55	42	44	48	56	452
Neshody (ks)	3	5	5	3	6	4	3	5	4	38
Neshody (%)	5,77	8,93	8,47	5,36	9,84	8,70	6,38	9,43	6,67	7,76

Tab. 6-1 Plánovaná / celková produkce programu AR800



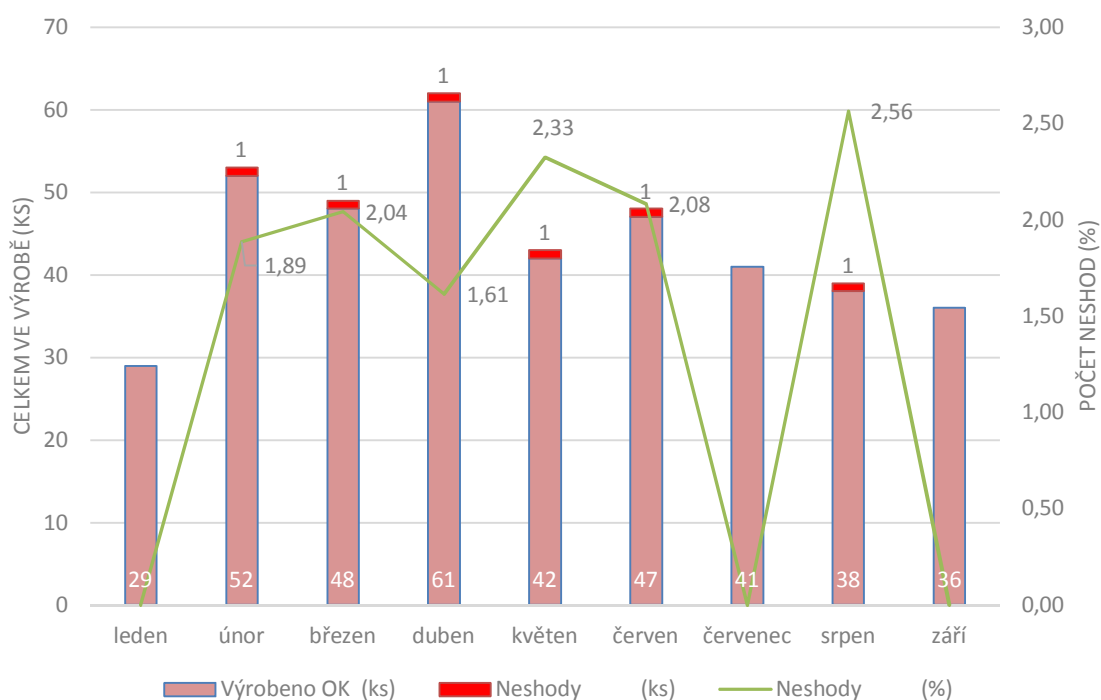
Obr. 6-2 Plánovaná / celková produkce programu AR800

Program AM400

Jedná se o výrobu součástí konkávního tvaru metodou třískového obrábění na CNC frézkách. Přehled programu AM400 v číslech je v tab. 6–2 a grafické znázornění na obr. 6–3.

Program AM400	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	Σ
Výrobno OK (ks)	29	52	48	61	42	47	41	38	36	394
Neshody (ks)	0	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Neshody (%)	0,00	1,89	2,04	1,61	2,33	2,08	0,00	2,56	0,00	1,50

Tab. 6-2 Plánovaná / celková produkce programu AM400



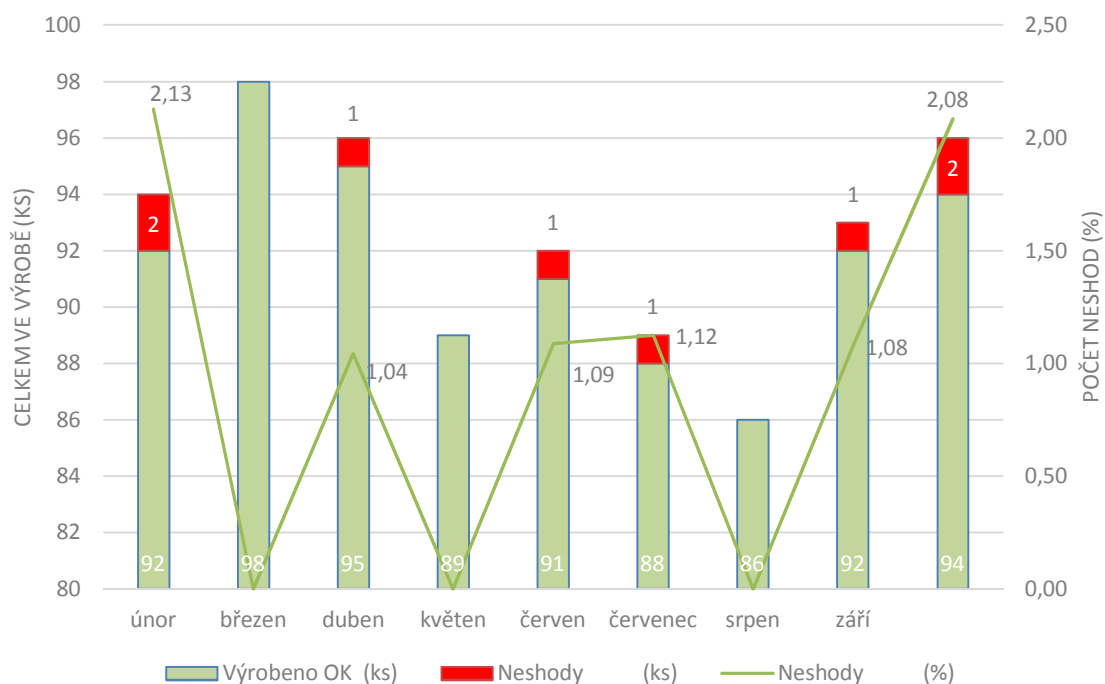
Obr. 6-3 Plánovaná / celková produkce programu AM 400

Program I0216

Zahrnuje výrobu drobných speciálních součástek používaných pro uchycení a vymezení větších celků. Přehled výroby a vystavených neshod je v tab. 6–3 a na obr. 6–4.

Program I0216	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	Σ
Výrobno OK (ks)	92	98	95	89	91	88	86	92	94	825
Neshody (ks)	2	0	1	0	1	1	0	1	2	8
Neshody (%)	2,13	0,00	1,04	0,00	1,09	1,12	0,00	1,08	2,08	0,96

Tab. 6-3 Plánovaná / celková produkce programu I0216



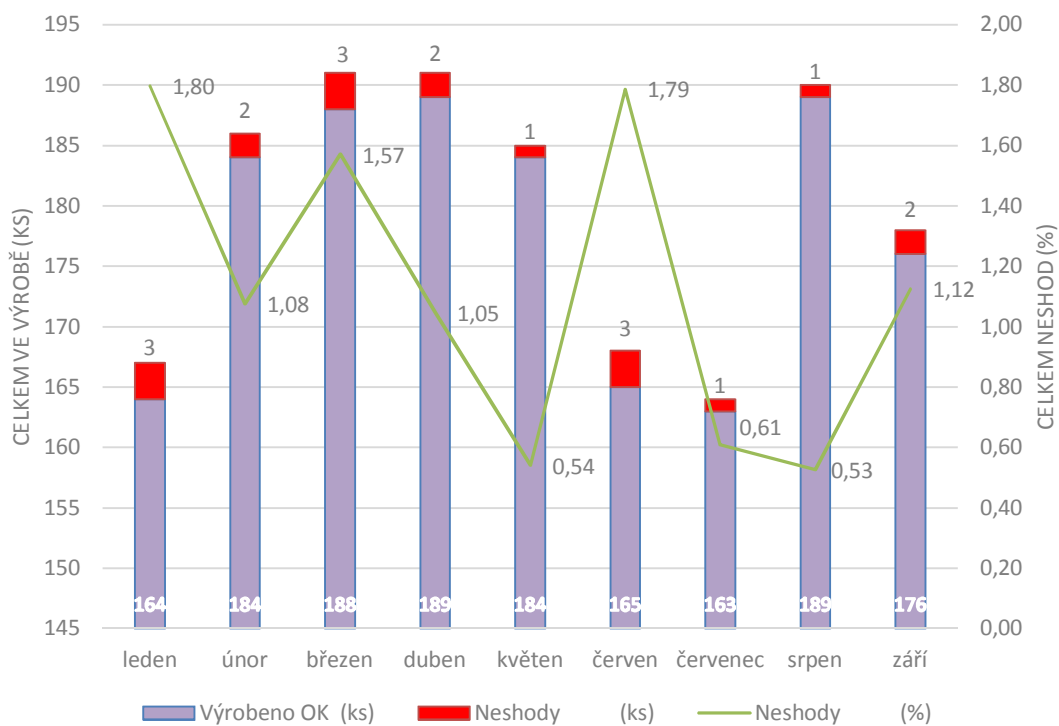
Obr. 6-4 Plánovaná / celková produkce programu I0216

Program G102M

V programu G102M se jedná o výrobu krycích panelů, které jsou vyráběny z Al plechů a ohýbány do požadovaných tvarů. Vyrobené kusy a vystavené neshody dokládá tab. 6–4 a obr. 6–5.

Program G102M	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	Σ
Výrobena OK (ks)	164	184	188	189	184	165	163	189	176	1602
Neshody (ks)	3	2	3	2	1	3	1	1	2	18
Neshody (%)	1,80	1,08	1,57	1,05	0,54	1,79	0,61	0,53	1,12	1,11

Tab. 6-4 Plánovaná / celková produkce programu G102M



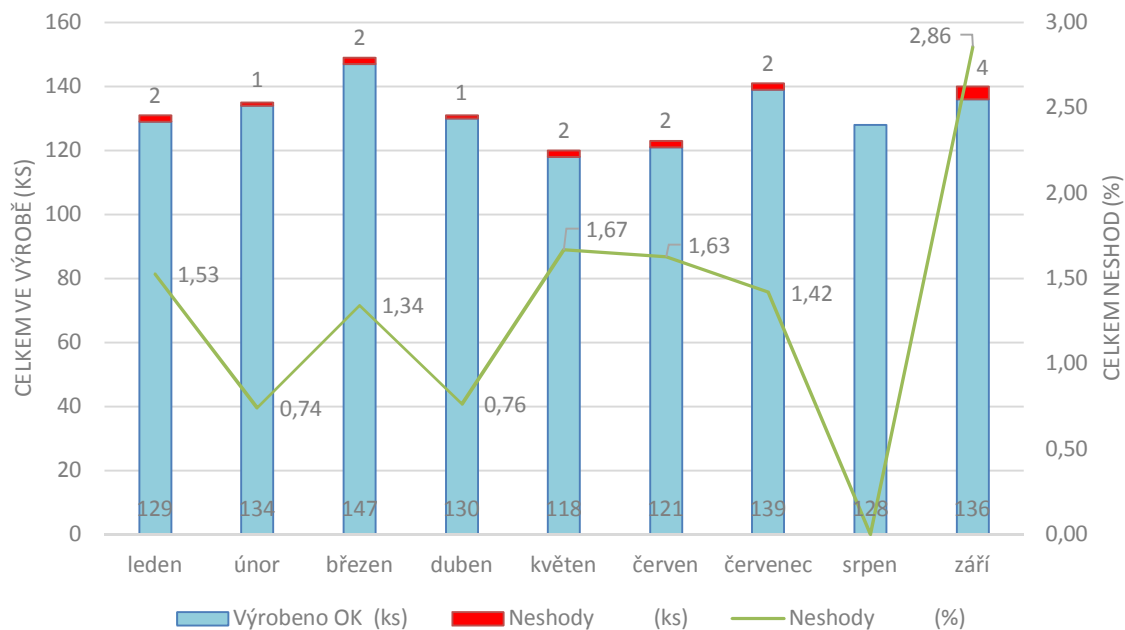
Obr. 6-5 Plánovaná / celková produkce programu G102M

Program ZR600

Program ZR600 je zaměřen na výrobu tvarových dílů, které jsou vyráběny tažením. Jedná se o nenosné díly, kde výchozí materiál vstupuje do společnosti v podobě plechových tabulí.

Program ZR600	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	Σ
Výrobno OK (ks)	129	134	147	130	118	121	139	128	136	1182
Neshody (ks)	2	1	2	1	2	2	2	0	4	16
Neshody (%)	1,53	0,74	1,34	0,76	1,67	1,63	1,42	0,00	2,86	1,34

Tab. 6-5 Plánovaná / celková produkce programu ZR600

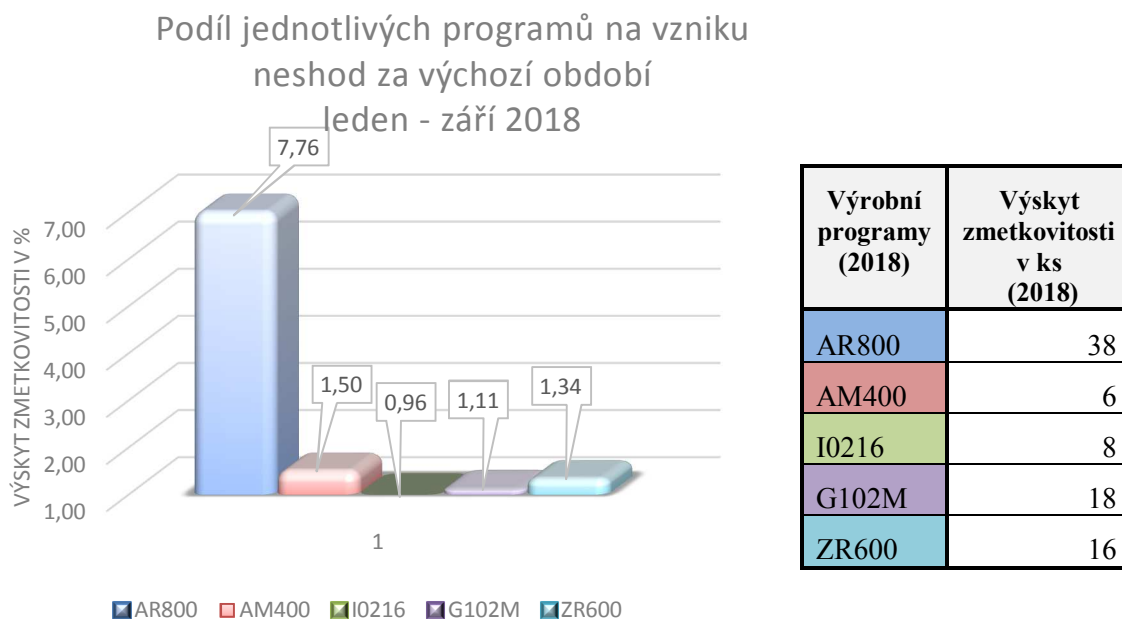


Obr. 6-6 Plánovaná / celková produkce programu ZR600

6.2 Volba kritického výrobního programu

Z dostupných dat z oblasti zmetkovitosti je patrné, že významný podíl na celkové zmetkovitosti vykazuje program AR800. Výrobní segment tohoto programu představuje cca 10 % produkce z celkového výrobního portfolia v oblasti výroby komponentů z hliníkových slitin. Za výchozí období leden až září v roce 2018 bylo vyrobeno celkem 452 ks součástí z programu AR800. Výsledná zmetkovitost činila 7,76 %. Z dostupných informací lze dohledat, že v předcházejících letech byla zmetkovitost rovněž vyšší oproti zbývajícím výrobě komponentů z hliníkových slitin, avšak pohybovala se kolem 3 %. Výrobní program AR800 je specifický pro svoji pracnost a celkovou složitost výroby, kde již manipulace s výchozím materiálem činí problémy a pro přesun na pracoviště je zapotřebí použití speciálního zdvihacího zařízení.

V analyzované společnosti již delší dobu probíhají časté personální změny, které zasahují napříč celou výrobou. Pro tento fakt je zde také důvodné podezření, že takto vysoké hodnoty zmetkovitosti byly důsledkem vysoké míry fluktuace zaměstnanců a jejich nedostatečné praxe společně s chybějícím předáváním potřebných zkušeností. Z tohoto důvodu byl vybrán program AR800 jako oblast zájmu pro další analýzu zmetkovitosti.

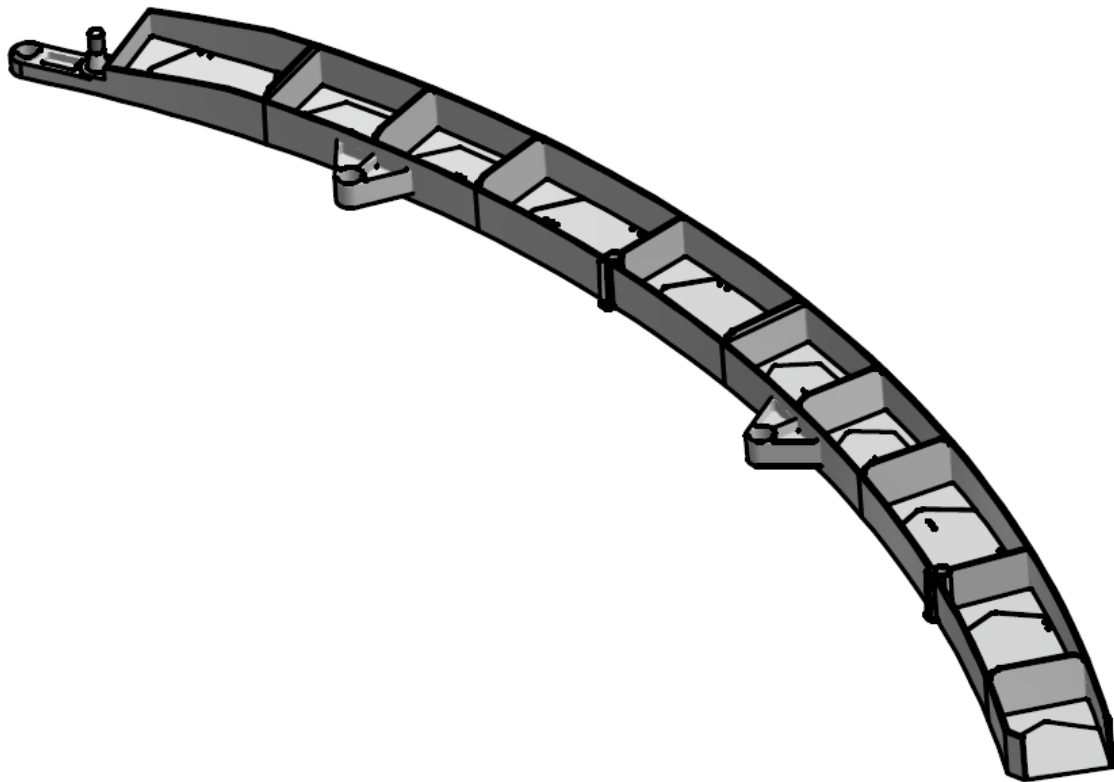


Obr. 6-7 Výskyt zmetkovitosti u jednotlivých programů z Al slitin

7 Analýza výrobního programu AR800

Výrobní program AR800 je zaměřen na výrobu nosníků, které patří k základním konstrukčním prvkům letounu při jeho výrobě. Vyrobené díly jsou určeny pro zahraničního zákazníka, zabývajícího se výrobou velkých sestav, jako jsou trup letounu nebo křídla. Všechny výrobky ze zmíněného programu jsou obráběny na CNC frézkách a jsou tvarově velmi složité. Hlavní důraz v programu AR800 je kladen na materiál, který vstupuje do společnosti, a zejména pak na jeho chemické složení a mechanické vlastnosti, jež jsou klíčové pro splnění přísných kritérií v leteckém průmyslu.

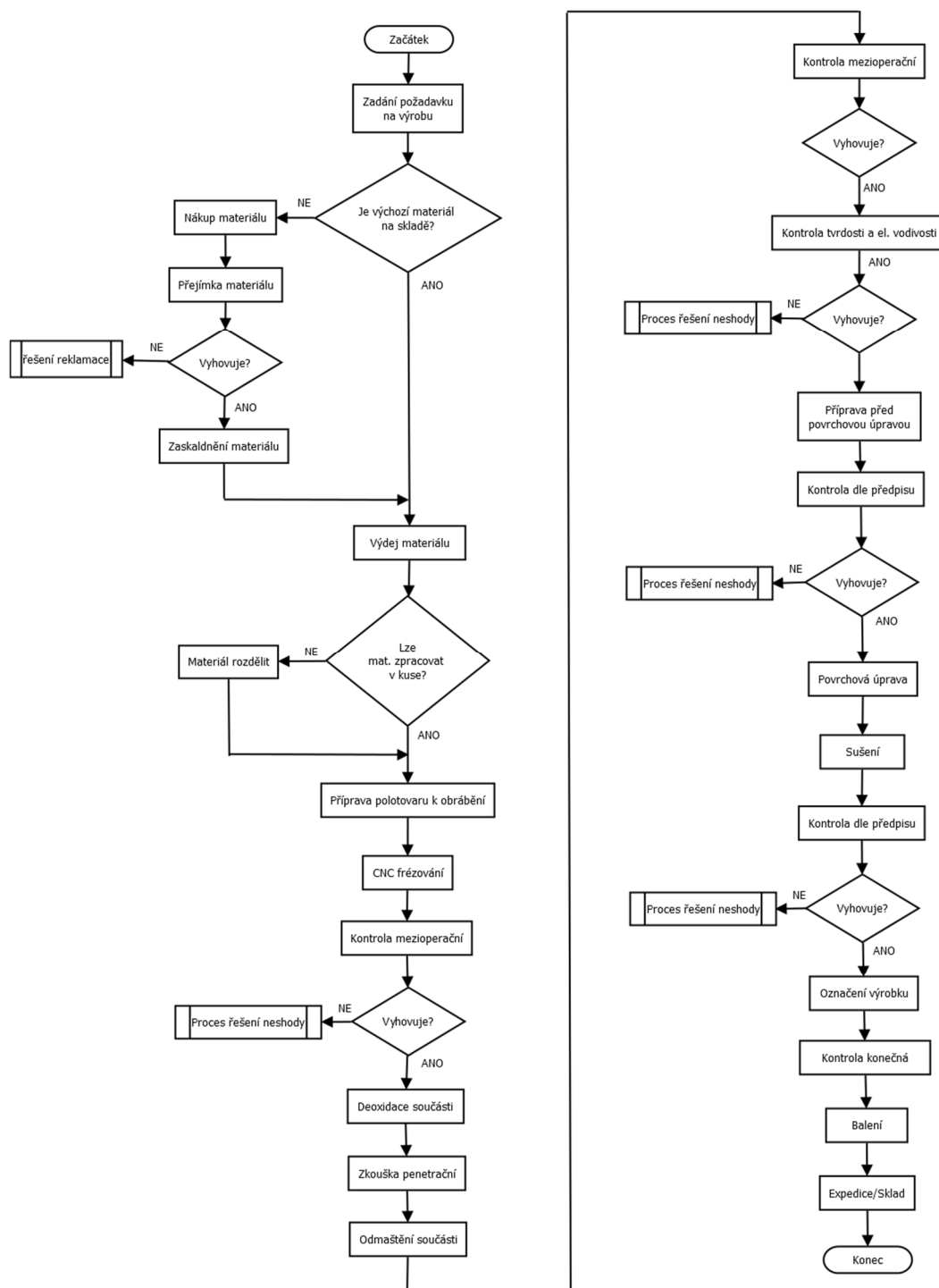
Produkt v programu AR800 – nosník



Obr. 7-1 Nosníková konstrukce trupu letounu

7.1 Výrobní diagram programu AR800

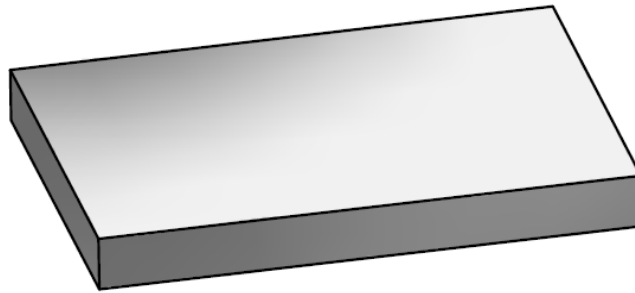
Výrobní diagram na obr. 7–2 přibližuje jednotlivé kroky výroby součásti v programu AR800, a to od vstupu výchozího materiálu až po balení a expedici hotového dílu, včetně zobrazení míst ověřování výroby a splněných požadavků na jakost finálního výrobku.



Obr. 7-2 Výrobní diagram programu AR800

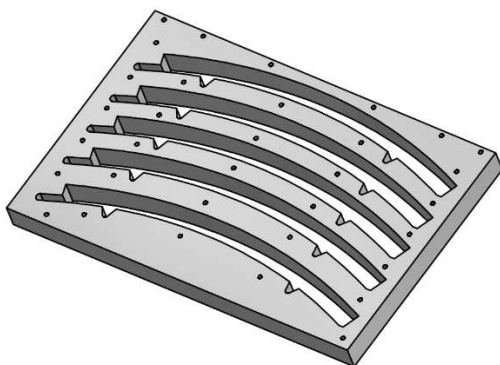
7.2 Proces výroby v programu AR800

- Na základě plánu výroby (projektu) je výchozí materiál dodán ze skladu do výrobní haly. Jedná se o deskový polotovár z Al slitiny o délce 2000 mm, šířce 1250 mm a tloušťce 100 mm, viz Obr. 7-3. Materiál do společnosti vstupuje od externího dodavatele a je přejímán na základě certifikace. Vstupní kontrola v podobě provedení zkoušek ověřujících kvalitu není standardně při přejímce prováděna.

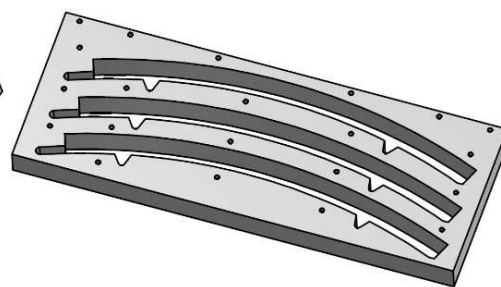


Obr. 7-3 Polotovár - deskový materiál

- Dle kapacitních možností jednotlivých obráběcích center je rozhodnuto, zda bude materiál použit tak, jak je, tzn. vcelku (obr. 7-4), nebo zda bude rozdělen na dva kusy (obr. 7-5). Ve výrobní hale je k dispozici jeden kus obráběcího centra zn. Trimill, které je schopné pojmout takto rozměrově objemný polotovár bez nutnosti dělení. V praxi se zcela logicky upřednostňuje zpracovávat materiál vcelku bez nutnosti dělení. Za výchozí období bylo nutné výchozí materiál zpracovávat na menších CNC obráběcích centrech pouze ve čtyřech případech.



Obr. 7-4 Zbytkový materiál



Obr. 7-5 Zbytkový materiál po fázi dělení

- Před samotným obráběním probíhají na polotovaru přípravné práce. Jedná se především o úkony spojené s nutností pevného ustanovení obráběného materiálu ve výchozí pozici. Po upevnění do obráběcího centra provádí obsluha CNC zařízení kroky nezbytné k zajištění plynulého chodu celého procesu. V případě podcenění této fáze může dojít ke kolizi nástroje a obrobku, popřípadě k nežádoucím vibracím během obrábění, které může mít taktéž za následek vznik zmetkovitosti. Všechny výrobky v programu AR800 jsou obráběny na CNC frézkách podle platných výrobních programů. Obsluha

dohlíží na bezproblémový průběh procesu obrábění a v případě nutnosti zasáhne do jeho chodu. Po obrábění následují dokončovací operace, vyjmutí součástí a mezioperační kontrola.

- Po úspěšné kontrole jsou jednotlivé díly poskládány do připraveného boxu a následují k očištnému procesu deoxidace, kde jsou zbaveny zbytků nečistot a emulze z chladicí kapaliny. Tím jsou připraveny k provedení kapilární (penetrační) zkoušky, která je prováděna za účelem zjištění povrchových vad. Jedná se o nedestruktivní, nenáročnou zkoušku, která rychle odhalí existenci povrchových trhlin, prasklin, pórů či vměstků. Po provedení zkoušky následuje opětovné očištění povrchu a mezioperační kontrola.
- Po úspěšně absolvované mezioperační kontrole a očištění jsou součásti přemístěny na pracoviště provádějící zkoušky tvrdosti a el. vodivosti. V programu AR800 v dané materiálové specifikaci se jedná o 100% kontrolu. To znamená, že je každá jednotlivá součást překontrolována na oba parametry a v obou případech musejí hodnoty vyhovět, v opačném případě musí být daná součást označena a izolována od zbytku výroby.
- Následuje příprava před samotnou povrchovou úpravou součástí, potom opětovné překontrolování a poté již díly putují k nástřiku barvy, která chrání jejich povrch. Pro urychlení procesu schnutí jsou díly za zvýšené teploty ponechány ve speciálních boxech.
- V případě úspěšné kontroly po procesu lakování a sušení následuje označení výrobku, konečná kontrola a v případě, že nejsou nalezena žádná pochybení, může následovat balení a expedice na sklad, potažmo odeslání dílů zákazníkovi.

7.3 Zkoušky tvrdosti

Zkoušením tvrdosti se ověřuje, zda výrobek svými vlastnostmi splňuje požadavky, které jsou předepsané pro konkrétní materiál. Nepřímo se také kontroluje hodnota pevnosti v tahu bez nutnosti destrukce zkoušeného materiálu. Takto zjištěná hodnota tvrdosti se vyhodnocuje konstatováním, že buď je, nebo není ve shodě s požadavky danými materiálovou specifikací [32, s. 3].

Pro zkoušky tvrdosti u hliníkových slitin v programu AR800 je aplikována zkouška tvrdosti podle Rockwella, při níž je vtlačováno těleso do povrchu zkoušeného materiálu pomocí dvou stanovených zátěží. Vnikajícím tělesem je v tomto případě kulička z karbidu wolframu. Měří se rozdíl v hloubce vniknutí vytvořený během působení menší počáteční zátěže a větší druhotné zátěže. Zkouška podle Rockwella je uvedena v ČSN EN ISO 6508-1. Pro interní potřebu vytvořila analyzovaná společnost vnitropodnikovou normu VPN 13713 *Ověřování produktů nedestruktivní metodou – zkoušky tvrdosti*. V této normě jsou uvedeny požadavky jak na provedení zkoušek tvrdosti, tak i na požadavky v oblasti ověřování tvrdoměrů, jejich pravidelnou údržbu a kontrolu. V analyzované společnosti jsou zkoušky tvrdosti vyhodnocovány na analogových tvrdoměrech zn. Mitutoyo [32, s. 6].

7.4 Zkouška el. vodivosti

Je používána obdobně jako zkouška tvrdosti ke kontrole zjištění stavu materiálu po tepelném zpracování, anebo umožňuje provést rozlišení mezi různými hliníkovými slitinami. Ve společnosti je k dispozici zpracována vnitropodniková směrnice VPN 14057 *Ověřování*

produktů z lehkých slitin metodou vířivých proudů. Norma stanovuje podmínky provádění měření, přípustné tolerance a zásady použití [31, s. 3].

Samotná zkouška je prováděna přenosnými digitálními přístroji Sigmatest 2.068 a Sigmatest 2.069 zn. Forester, jež se skládají z vlastního zařízení a zkušební sondy. Tyto přístroje pro zkoušky elektrické vodivosti jsou schopny určovat vodivost v procentech jednotek IACS (International Annealed Copper Standard), což je procentuální vyjádření vodivosti mezinárodního etalonu. Jedná se o těleso vyrobené z žíhané mědi, jehož vodivost při 20 °C je rovna 58 MS/m. (100 % IAC = 58 MS/m). Jednotka Ms/m je konduktivita neboli vodivost [31, s. 6].

7.5 Materiálová specifikace programu AR800

Požadavky na tepelné zpracování dílů ze slitin hliníku předepisuje mezinárodní norma AMS 2770H *Aerospace Material Specification – Heat Treatment of Wrought Aluminium Alloy Parts*. V této normě jsou uvedeny technické požadavky na provádění tepelného zpracování vysoce jakostních hliníkových slitin. Zahrnuje také pokyny pro tepelné zpracování pro uskladnění nebo pro distributory, kteří zušlechťují danou slitinu z jednoho stavu na druhý [24, s. 1].

Vlastnosti dané hliníkové slitiny jsou přezkoumávány podle AMS 2658 *Aerospace Material Specification – Hardness and Conductivity Inspection of Wrought Aluminium Alloy Parts*. Norma se používá pro nepřímé ověřování mechanických vlastností dílů z hliníkových slitin pomocí zkoušek tvrdosti a el. vodivosti [25].

Materiál 7075 je vysoce pevná AlZn slitina, která je do programu AR800 dodávána ve stavu T7351. Ten zahrnuje dle AMS precipitační vytvrzování za účelem získání vysokých pevnostních vlastností. Následné uvolnění vnitřního pnutí vypnutím na hodnotu 1,5–3 % a umělém přestárnutí.

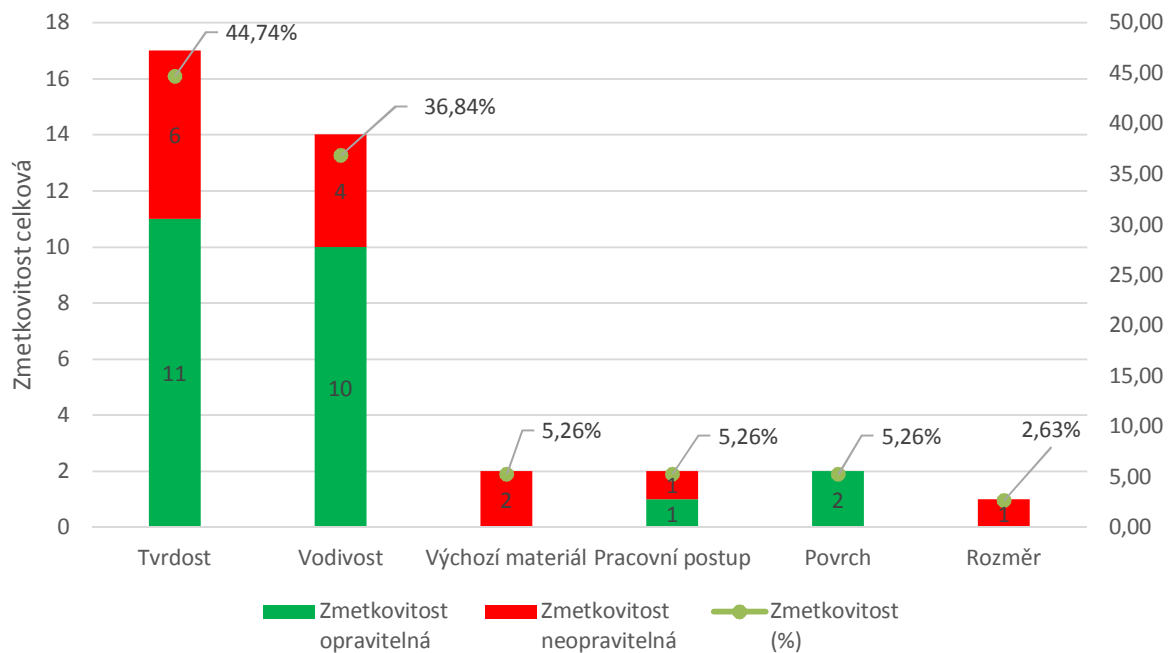
Materiál ve stavu T7351 vyniká vyšší houževnatostí a výbornou odolností proti korozi za napětí i vrstvené koroze, která je klíčovým parametrem ve výrobě komponentů pro letecký průmysl. Všechny stavy T73xx vykazují snížení pevnosti až na úroveň méně jakostní slitiny 2024. Obecně platí, že slitiny 7075 jsou velmi málo stabilní a v určitých podmínkách extrémně citlivé na korozní praskání za napětí. Pro tyto vlastnosti je právě slitina 7075 dodávána ve stavu T7351, kde se již tato negativa nevyskytují [21].

Nedodržení pracovního postupu – V průběhu procesu výroby součásti nebyl dodržen pracovní postup či postupy, pořadí činností nebo některé činnosti nebyly provedeny vůbec.

Nesoulad s výkresovou dokumentací – Jedná se převážně o chyby, kdy jsou u výrobku naměřené jiné rozměrové hodnoty, než jsou hodnoty uvedené ve výkresové dokumentaci.

7.6 Analýza zmetkovitosti ve výrobním programu AR800

K analýze zmetků byly použity údaje z období leden–září 2018. Analýza zahrnuje výrobky, u kterých byla vystavena neshoda z důvodů popsaných v předešlé kapitole a jež jsou výstupem z informačního systému společnosti. Dále jsou neshodné výrobky rozděleny na neopravitelné a opravitelné, ty byly podrobeny dalším technologickým operacím pro zajištění požadované kvality. Graf níže znázorňuje zastoupení jednotlivých druhů zmetkovitosti z celkového počtu 38 neshod za výchozí období.



Obr. 7-6 Zastoupení jednotlivých vad v % za období leden-září 2018

7.7 Řešení vad vzniklých ve výrobním procesu AR800

Nápravná opatření, která byla provedena v případě vystavení neshod:

Tahová zkouška – Díly, které nevyhověly parametrem tvrdosti nebo vodivosti, jsou izolovány a následně je vybrán díl s nejmenší hodnotou tvrdosti. Ten je posléze podroben destruktivní zkoušce tahem. V případě, že je zkoušený díl vyhovující, je uvolněn i zbytek neshodných dílů. V opačném případě jsou součásti buď vyzmetkovány, nebo je rozhodnuto o dalším přepracování. Rozhodnutí o uvolnění či vyzmetkování dílů na základě tahové zkoušky lze učinit pouze u výrobků z jedné výrobní dávky.

Tepelné přepracování – Nevyhovující součásti jsou dále tepelně přepracovány k dosažení požadovaného stavu za účelem dosažení odpovídajících mechanických vlastností. Výsledný stav materiálu po tepelném zpracování je na T73.

Rovnění – Proces tepelného zpracování jednotlivých dílů vyžaduje úpravu v podobě rovnání. Vlivem tepelného zatížení dílů dochází ke zkroucení a nedodržení správného tvaru součástí.

Omílání – Za účelem dosažení požadované jakosti povrchu je použita metoda omílání, kdy je zpracovaný díl ponořen do směsi z brusného média se speciálním roztokem a vibračním procesem je díl opracováván k zajištění požadované kvality povrchu.

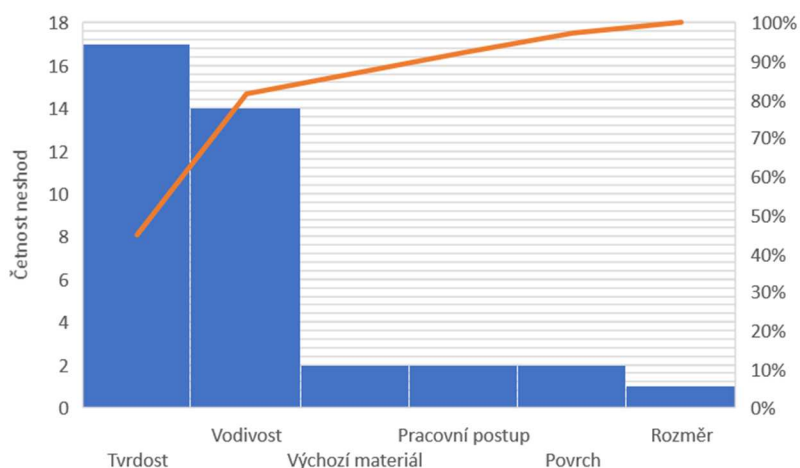
Přepracování – Jedná se o vady zjištěné v procesu výroby, které se dají eliminovat nápravnými opatřeními, která nemají negativní vliv na vlastnosti výsledného výrobku.

Šrotace – Součásti, které již nelze přepracovat či jakkoliv upravit pro zachování požadovaných parametrů, jsou izolovány a označeny jako „Šrot“.

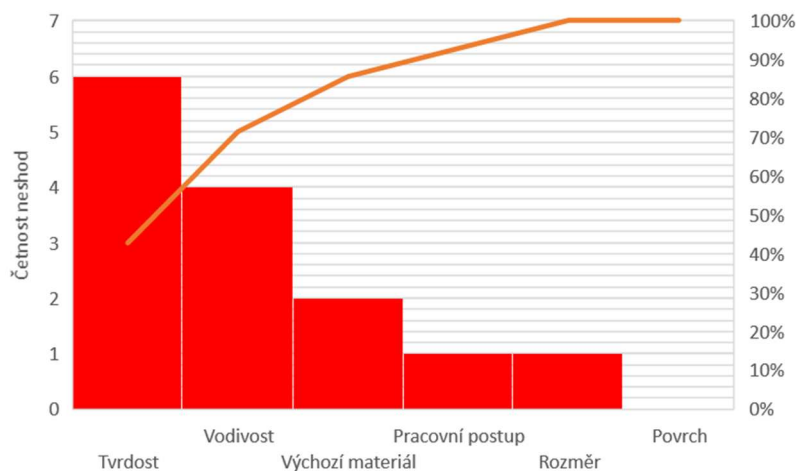
7.8 Zmetkovitost v programu AR800 za výchozí období

Pro bližší rozbor příčin vzniku zmetkovitosti byl použit histogram s daty uvedenými na Obr. 7–6. Pro zjištění hlavní příčiny zmetkovitosti v programu AR800 byla zvolena Paretova analýza.

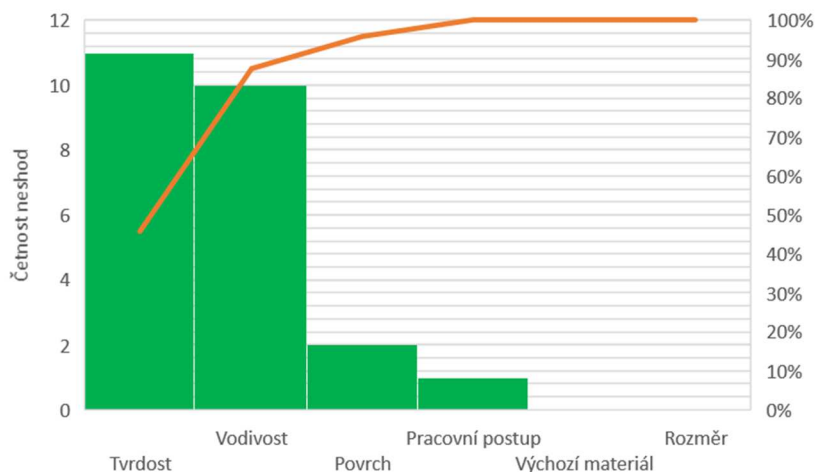
První Paretova analýza byla použita pro celkový výskyt zmetkovitosti, tudíž nezohledňovala rozdíl mezi zmetky opravitelnými a mezi zmetky neopravitelnými. Druhá Paretova analýza kalkuluje pouze se zmetky neopravitelnými, které byly buď sešrotovány po zjištění neshody, nebo zůstaly nevyhovující i po následných úpravách. Třetí Paretova analýza zohledňuje pouze zmetkovitost opravitelnou, tzn. veškeré výrobky, které byly nějakým způsobem přepracovány a jako vyhovující součásti odeslány zákazníkovi.



Obr. 7-7 Paretův diagram příčin zmetkovitosti celkové



Obr. 7-8 Paretův diagram příčin zmetkovitosti neopravitelné



Obr. 7-9 Paretův diagram příčin zmetkovitosti opravitelné

Z první Paretovy analýzy je patrné, že hlavní příčiny zmetkovitosti jsou v nevyhovující tvrdosti a elektrické vodivosti. Druhý Paretův diagram zohledňuje pouze ty součásti, které skončily jako neopravitelné, takže bylo rozhodnuto o jejich šrotaci.

Třetí graf analyzoval pouze výrobky opravitelné, a to s výsledkem příčin jako u prvního diagramu čili příčiny v pořadí nevyhovující tvrdost a vodivost.

Z výše uvedených grafů lze dovodit, že hlavním předmětem zájmu je jednoznačně nedodržení hodnoty tvrdosti a elektrické vodivosti společně s určitou mírou zastoupení v oblasti nedodržení správného výchozího materiálu. Pro další kroky analýzy byly dále rozebrány právě tyto dva hlavní výskyty neshod v programu AR800.

Ve výchozím období leden–září 2018 se sledované neshody objevovaly následovně:

Zmetkovitost leden - září 2018										
Program AR8000		leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září
Výrobno (ks)		49	51	54	53	55	42	44	48	56
Příčiny	Tvrdost (ks)	1	1	4	2	4	1	1	1	2
	Vodivost (ks)	1	2	1	1	2	2	1	2	2

Tab. 7-1 Tabulka zmetkovitosti za výchozí období

7.8.1 Příčiny a jejich řešení ve výchozím období leden–září 2018

Tvrdost – Hotové výrobky nevyhověly kontrole tvrdosti. Naměřená hodnota byla mimo stanovenou mez. K řešení dané situace ve výchozím období bylo přistupováno dvěma způsoby. V určitých případech bylo nařízeno tepelné přepracování nevyhovující součásti. Poté se provedlo opětovné měření tvrdosti, rozměrová kontrola a kontrola stavu povrchu. Tepelné přepracování jednotlivých součástí vedlo v naměření správné hodnoty tvrdosti.

U součástí, které prošly procesem přepracování, však vznikly vlivem tepelného zatížení deformace, jež si vyžádaly další technologické kroky v podobě rovnání.

Další způsob řešení byl nařízen oddělením kvality, kdy nevyhovující díly byly izolovány a následně byla tvrdost nahrazena tahovou zkouškou. Tato destruktivní mechanická zkouška byla provedena na dílu s nejnižší naměřenou hodnotou tvrdosti a na základě této zkoušky bylo rozhodnuto o dalším použití celé izolované série.

Třetím možným způsobem řešení nevyhovující tvrdosti by bylo po nevyhovující zkoušce rozhodnutí o přímé šrotaci daného dílu. O tomto kroku nebylo ve výchozím období v žádném z dokumentovaných případů rozhodnuto.

Vodivost – Nevyhovující hodnoty elektrické vodivosti byly hned druhým nejčastějším důvodem k vystavení neshody. Hotové výrobky jsou podrobeny měření na elektrickou vodivost, které provádí pověřená osoba z příslušného oddělení. Postup při vystavení neshod na nevyhovující elektrickou vodivost byl stejný jako v případě vystavení neshody na naměřené hodnoty tvrdosti.

Čtvrtletní přehled četnosti neshod a jejich řešení znázorňují tabulky níže.

1. čtvrtletí 2018

	Neshoda	Popis	Příčina	Opatření	Náprava	Stav po nápravě	Rozhodnutí
leden	V-AR-0865	Nízká tvrdost. Naměřeno 74-76HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
	V-AR-0872	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 45-46%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Vodivost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
únor	V-AR-0912	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44-45%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Vodivost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
	V-AR-0916	Nízká tvrdost. Naměřeno 72-74HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
	V-AR-0936	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44-46%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Vodivost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
březen	V-AR-0985	Nízká tvrdost. Naměřeno 70-72HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
	V-AR-1009	Nízká tvrdost. Naměřeno 74-77HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
	V-AR-1038	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 45-46,5%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Vodivost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
	V-AR-1047	Nízká tvrdost. Naměřeno 73-76HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
	V-AR-1055	Nízká tvrdost. Naměřeno 75-77HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné

Tab. 7-2 Tabulka neshod za 1. čtvrtletí 2018

2. čtvrtletí 2018

	Neshoda	Popis	Příčina	Opatření	Náprava	Stav po nápravě	Rozhodnutí
duben	V-AR-1109	Nízká tvrdost. Naměřeno 71-74HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součástí	Opravitelné
	V-AR-1134	Nízká tvrdost. Naměřeno 74-76HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součástí	Opravitelné
	V-AR-1165	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44-48,5%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Vodivost OK, nutno zařadit proces rovnání součástí	Opravitelné
květen	V-AR-1196	Nízká tvrdost. Naměřeno 70-72HRBW, má být min. 78HRBW	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Zničeno při destruktivní zkoušce	-
	V-AR-1203	Nízká tvrdost. Naměřeno 74-77HRBW, má být min. 78HRBW	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Mechanická zkouška nevyhovující	Neopravitelné, řešit cestou reklamace
	V-AR-1216	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 46-49,5%IACS, má být 38-43%IACS	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí a vodivostí provést tahovou zkoušku	Mechanická zkouška nevyhovující	Neopravitelné, řešit cestou reklamace
	V-AR-1228	Nízká tvrdost. Naměřeno 70-72HRBW, má být min. 78HRBW	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Mechanická zkouška nevyhovující	Neopravitelné, řešit cestou reklamace
	V-AR-1244	Nízká tvrdost. Naměřeno 74-77HRBW, má být min. 78HRBW	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Mechanická zkouška nevyhovující	Neopravitelné, řešit cestou reklamace
	V-AR-1276	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 46-49,5%IACS, má být 38-43%IACS	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Mechanická zkouška nevyhovující	Neopravitelné, řešit cestou reklamace
červen	V-AR-1298	Nízká tvrdost. Naměřeno 74-76HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součástí	Opravitelné
	V-AR-1329	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44-46%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Vodivost OK, nutno zařadit proces rovnání součástí	Opravitelné
	V-AR-1343	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44-47,5%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Vodivost OK, nutno zařadit proces rovnání součástí	Opravitelné

Tab. 7-3 Tabulka neshod za 2. čtvrtletí 2018

3. čtvrtletí 2018

	Neshoda	Popis	Příčina	Opatření	Náprava	Stav po nápravě	Rozhodnutí
červenec	V-AR-1386	Nízká tvrdost. Naměřeno 74-76,5HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Tvrdost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
	V-AR-1429	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44,5-46%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	Tepelně přepracovat na T73	Vodivost OK, nutno zařadit proces rovnání součásti	Opravitelné
srpen	V-AR-1258	Nízká tvrdost. Naměřeno 75-77HRBW, má být min. 78HRBW	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Zničeno při destruktivní zkoušce	-
	V-AR-1492	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44-45,5%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Uvolněno na základě mechanické zkoušky	Opravitelné
	V-AR-1518	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44-46%IACS, má být 38-43%IACS	Nedodržení pracovní postup	Poučení dělníka	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Uvolněno na základě mechanické zkoušky	Opravitelné
září	V-AR-1536	Nízká tvrdost. Naměřeno 73-76HRBW, má být min. 78HRBW	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Zničeno při destruktivní zkoušce	-
	V-AR-1568	Nízká tvrdost. Naměřeno 74-76HRBW, má být min. 78HRBW	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Mechanická zkouška vyhovující	Uvolněno na základě mech. zkoušky
	V-AR-1581	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 44-45,5%IACS, má být 38-43%IACS	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Mechanická zkouška vyhovující	Uvolněno na základě mech. zkoušky
	V-AR-1606	Vysoká hodnota vodivosti. Naměřeno 45-46%IACS, má být 38-43%IACS	Špatné vlastnosti výchozího materiálu	-	U součásti s nejnižší tvrdostí provést tahovou zkoušku	Mechanická zkouška vyhovující	Uvolněno na základě mech. zkoušky

Tab. 7-4 Tabulka neshod za 3. čtvrtletí 2018

7.8.2 Zhodnocení řešení neshod za výchozí období leden–září 2018

Měření tvrdosti a elektrické vodivosti

Z dostupných údajů lze prostřednictvím informačního systému společnosti dohledat, kdy byla vystavena, jaká neshoda a její stručný popis. Součásti z výrobního programu AR800 jsou vyráběny pouze z materiálu 7075 ve stavu T7351, na které se vztahuje 100% kontrola tvrdosti a vodivosti.

K měření jsou součásti transportovány na místo provedení zkoušky tvrdosti a vodivosti, kde jsou jedna po druhé kontrolovány na zmíněné parametry. Podle vytížení jednotlivých pracovišť jsou součásti podrobeny jednotlivým zkouškám. Pořadí zkoušek není stanoveno, neboť provedení jedné zkoušky neovlivňuje uskutečnění druhé. Jediným závislým parametrem je tak pouze vytíženost jednotlivých pracovišť, neboť ta jsou využívána i pro testování součástí ostatních programů. V praxi se často postupovalo tak, že při zjištění nevyhovující hodnoty tvrdosti byla součást změřena i na elektrickou vodivost. V informačním systému se však neobjevil údaj o nevyhovující tvrdosti i vodivosti, nýbrž pouze u jednoho parametru, obvykle u prvně měřené veličiny, respektive tam, kde byla součást přijata k měření poprvé. Vzhledem k tomu, že existuje závislost mezi nízkou tvrdostí a vysokou vodivostí, je pravděpodobné, že součásti vykazující tyto odchylky mají stejnou příčinu. Ve skutečnosti se nejedná o dvě odlišné veličiny, které by stály za vznikem uvedených neshod, ale o jednu příčinu, která má za následek takto vysoký počet vystavených neshod.

Tepelné přepracování nevyhovujících součástí

Nevyhovující součásti byly často následně podrobeny tepelnému přepracování. Vstupní materiál pro program AR800 je dodáván do společnosti na základě certifikace, a to ve stavu T7351, který je požadován zákazníkem. Tohoto stavu je dosaženo po rozpouštěcím žihání, následném uvolnění vnitřního pnutí vypnutím (1,5–3 %) a umělém přestárnutí. Jelikož výrobní podnik není schopen dosáhnout tohoto stavu, respektive zmíněného uvolnění vnitřního pnutí prostřednictvím vypnutí, jsou součásti přepracovány pouze na stav T73. Stav T73 je shodný s požadovaným stavem v oblasti stavu po rozpouštěcím žihání a umělém přestárnutí, nikoliv však v uvolnění vnitřního pnutí vypnutím součástí. Při přejímce součástí u dodavatele je vstupní materiál ve shodě, neboť dle certifikace byl přijat v požadovaném stavu. Hodnoty tvrdosti a vodivosti jsou po přepracování v požadované toleranci.

Destruktivní zkouška součástí

Vzhledem k finanční a časové náročnosti řešení neshod prostřednictvím tepelného přepracování přistoupil podnik k provedení destruktivní zkoušky u součástí, která vykazovala nejnižší hodnotu tvrdosti ze všech izolovaných součástí. Na základě výsledku tahové zkoušky bylo rozhodnuto o uvolnění zbylých součástí či jejich šrotace. Normy sice uvádějí hodnoty pevnosti v tahu či mez kluzu u jednotlivých materiálů v daném stavu, avšak nahrazení měření tvrdosti a vodivosti tahovou zkouškou není zákazníkem akceptováno ve smluvních podmínkách. Ve výchozím období nebyla dodána žádná takto přezkoušená série, avšak z dostupných informací plyne, že v předešlém období toto byla běžná praxe.

Zápis údajů do informačního systému

V každé vytvořené neshodě musejí být uvedeny určité údaje. Do této skupiny údajů patří i příčina, která stála za vystavením neshody a také uvedeno opatření, které bylo přijato. V praxi se však mnohdy stávalo, že skutečná příčina nebyla známa a vyplňování formuláře

se stávalo nutným zlem. Ve výchozím období byla nejčastěji uváděna příčina „nedodržení pracovní postup“ a jako opatření bylo přijato „poučení dělníka“. Po konzultaci s pracovníky bylo zjištěno, že toto je nepsaná běžná praxe tehdy, kdy nebyla nalezena skutečná příčina vystavení neshody.

Reklamacie vstupního materiálu u dodavatele

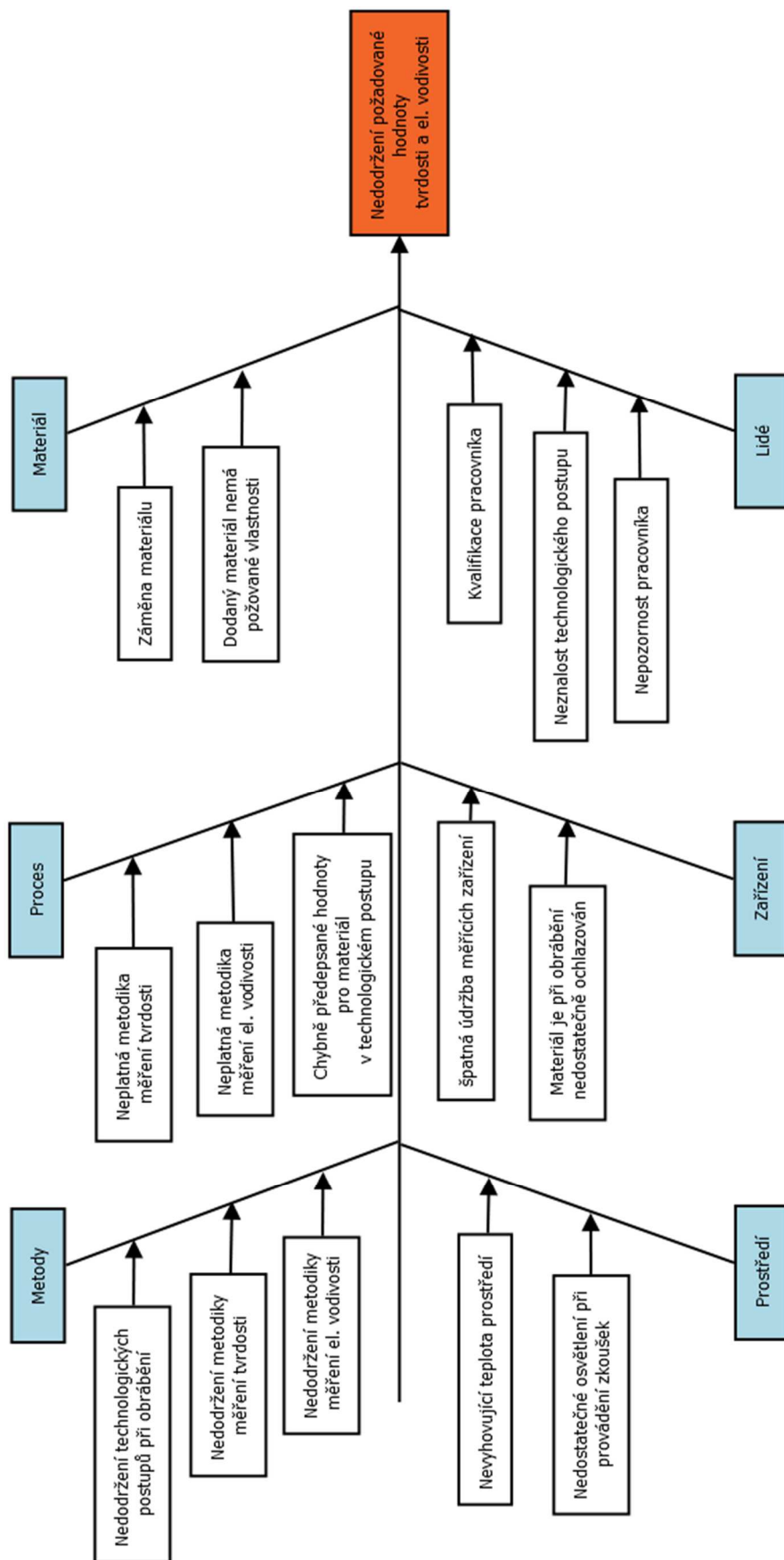
V průběhu řešení neshod výrobního programu AR800 bylo navrženo řešení v podobě reklamacie vstupního materiálu u dodavatele. Tento postup však nebyl úspěšný, neboť dodavatel neakceptoval reklamaci z důvodu porušení dodávaného materiálu. Zejména argumentoval tím, že deska byla již určitým způsobem zpracována (řezání, obrábění), což mohlo vést např. k tepelnému ovlivnění a tím ke změně vlastností

7.9 Stanovení možných příčin zmetkovitosti

Po předchozí analýze výroby součástí v programu AR800 za období leden–září 2018 následovala fáze stanovení možných příčin zmetkovitosti. Pro tento účel byl sestaven tým, v němž byli zastoupeni členové jednotlivých útvarů, kterých se problematika zmetkovitosti dotýkala.

Po zahájení a uvedení dané problematiky tým pracovníků nejprve generuje nápady na řešení problematiky zmetkovitosti samostatně. V průběhu cca 10 minut si připravují vlastní nápady a návrhy. Tyto svoje myšlenky píše zúčastnění samostatně na papír včetně všech souvisejících příčin v dané oblasti. Po této individuální přípravě následuje shromáždění údajů a ty jsou následně sepsány do Ishikawova diagramu. V poslední fázi se přejde k brainstormingu a ze všech uvedených nápadů se hledají ty optimální.

Výstupem byl vyplněný Ishikawův diagram (obr. 7-10) a sestavení akčního plánu (tab. 7-5), který měl zajistit nalezení příčin nedodržení stanovených hodnot.



Obr. 7-10 Ishikawa diagram

Akční plán				
Kategorie	Stanovený faktor	Hypotézy příčiny	Ověření	Provádí
Metody	Nedodržení technolog. postupů při obrábění	Během procesu obrábění jsou změněny parametry obrábění (vyšší řezné podmínky, velikost třísky, posuv) Teplotní ovlivnění součásti při procesu obrábění - změna vlastností	Kontrola programů u CNC strojů	odd. technologie
Metody	Nedodržení metodiky měření tvrdosti	a) Zakřivení povrchu b) Okrajová vzdálenost-měření provedeno v místě, kde měření může ovlivnit hodnotu tvrdosti c) Tvrdost je měřena uprostřed desky, kde nedošlo k dostatečně rychlému ochlazení mat.	Revize metodiky měření tvrdosti	odd. kvality
Metody	Nedodržení metodiky měření el. vodivosti	a) Zakřivení povrchu b) Okrajová vzdálenost c) vodivost je měřena uprostřed desky, kde nedošlo k dostatečně rychlému ochlazení mat.	Revize metodiky měření el. vodivosti	odd. kvality
Proces	Neplatná metodika měření tvrdosti	Není provedena kalibrace	Revize procesu kalibrace	odd. kvality
Proces	Neplatná metodika měření el. vodivosti	Není provedena kalibrace	Revize procesu kalibrace	odd. kvality
Proces	Chybně předepsané hodnoty pro materiál v technologickém postupu	a) Použité hodnoty jsou pro jiný materiál b) Chybně uvedené hodnoty/překlep	Kontrola dokumentace u neshodných výrobků	odd. kvality
Materiál	Záměna materiálu	Ze skladu je dodán jiný materiál	a) Ověření záznamů o výdeji materiálu b) Revize značení uskladněného materiálu	sklad
Materiál	Dodaný materiál nemá požadované vlastnosti	Dodaný materiál nespĺňuje požadavky na vlastnosti dle certifikátu	Provést analýzu možných způsobů ověření výchozího materiálu (Mechanické zkoušky desek-vytvoření interní normy pro odběr vzorků)	odd. kvality v součinnosti všech odd.
Zařízení	Špatná údržba zařízení	Měřicí zařízení pro zjišťování el. vodivosti není v odpovídajícím stavu	Kontrola měřicího zařízení	Hospodářské středisko
Zařízení	Materiál je při obrábění nedostatečně ochlazován	a) V systému není dostatečné množství chladicí kapaliny b) Hadice pro dopravu chladicího média je odpojená c) Hadice je zlomená/odpojená a proto neproudí dostatečné množství chladicí kapaliny	a) Kontrola stavu chladicího média b) Kontrola hadice pro dopravu ochlazovacího média c) Kontrola dostatečného množství kapaliny při obrábění	odd. technologie
Prostředí	Nevyhovující podmínky prostředí během měření el. vodivosti	Teplota prostředí ve kterém probíhá proces zkoušení součástí je mimo referenční rozsah teplot zkušebního přístroje	Kontrola teploty místnosti	odd. kvality
Lidé	Kvalifikace pracovníka	Nezkušený pracovník	Revize údajů o kompetentnosti pracovníků	odd. kvality
Lidé	Neznalost technolog. procesu	Pracovník není seznámen se specifiky daného výrobního programu a jeho součástí	Ověření znalostí pracovníků	odd. kvality
Lidé	Nepozornost pracovníka	a) Přepřacovanost b) Špatný odečet hodnoty	Revize zajišťování procesu měření tvrdosti a el. vodivosti	odd. kvality

Tab. 7-5 Akční plán

8 Návrhy ke zvýšení efektivity

Průběh ověření jednotlivých hypotéz a naplnění Akčního plánu je uvedeno v příloze č. 3.

Výstupem pro řešení a úpravu procesů je metoda FMEA. V tomto případě se bude jednat o „živý“ dokument, který bude v programu AR800 sloužit k odhalování zdrojů chyb, určování preventivních opatření a odhadu jejich účinnosti. Hypotézy, které byly potvrzeny, popřípadě jen částečně potvrzeny, jsou zahrnuty v návrhu FMEA. Naopak zcela vyvrácené příčiny nejsou ve FMEA formuláři uvedeny vůbec. Tím se zvyšuje přehlednost tabulky a je řešeno pouze to, co má opravdu reálný význam.

Hlavní atributy procesní analýzy FMEA – výskyt, význam, odhalitelnost poruchy jsou stanoveny na základě konzultace s vedoucím pracovníkem z oddělení kvality. Vlastní tabulka procesní FMEA je sestavena na základě teoretických znalostí poskytnutých informací.

PFMEA		Název: Nosník V-A-xxxx		Logo společnosti										
Analýza závad a jejich důsledků		Výrobní program: AR800												
		Číslo součásti: 68.32.12-2												
FMEA číslo:	1	Stanovený tým odborníků		Stanovený tým odborníků										
Odpovědnost za proces:	Odd. konstrukce	Odd.	Jméno a příjmení:	Poznámka:										
Datum vytvoření:	14.2.2019	Konst.	Ing. Petr Hubec	Odpovědná osoba										
Datum revize:		Konst.	Lubomír Klíč											
Termín ukončení:	31.5.2019	Kvalita	Zbyněk Sedmík											
Zpracoval:	Martin Hajný	Tech.	Zdeněk Poljan											
Prvek/proces	Potenciální chyba	Potenciální následek	Význam	Současný stav			Navržené opatření			Vyhodnocení opatření				
				Potencionální příčiny	Současný stav: preventivní a kontrolní opatření	Závažnost	Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpovídá/ Termín implementace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhaltelnost	Rizikové číslo
Vstupní materiál (polotovary)	Dodaný výchozí materiál nemá požadované vlastnosti	Nevyhovující mechanické vlastnosti	8	Dodavatel neprovádí ověřování výroby	Náhodná kontrola polotovaru během vstupní kontroly	7	280	Provést audit u dodavatele	Odd. kvality	V řešení	-	-	-	-
	Záměna materiálu po procesu dělení	Nevyhovující mechanické vlastnosti	8	Chyba ve výrobním procesu u dodavatele	-	7	280	Nastavení systému ověření příčiny	Odd. nákupu	Systém ověřování výchozího materiálu	8	5	3	120
			8	Neoznačení jednotlivých kusů polotovaru	-	3	48	Nastavit systém značení polotovaru po procesu dělení	Sklad	Bez opatření	-	-	-	-

Obr. 8-1 PFMEA formulář 1/3

Přek/ proces		Potenciální chyba		Potenciální následek		Význam		Potenciální příčiny		Výskyt		Současný stav: preventivní a kontrolní opatření		Navržená opatření		Odpovídá/ Termin implementace		Vyhodnocení opatření	
		Potenciální chyba	Potenciální následek	Potenciální příčiny	Výskyt	Současný stav: preventivní a kontrolní opatření	Závaznost	Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpovídá/ Termin implementace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost	Rizikové číslo	Odhaltitelnost	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost
Provedení zkoušek tvrdosti	Naměřená nízká hodnota tvrdosti	Vyřazení součástí	7	Není provedena kalibrace tvrdoměru	5	Kontrola mistrem	4	140	Nastavit systém pravidelného školení a kontrol provádění kalibrací tvrdoměru	Odd. kvality	Systém školení a pravidelných kontrol, testy	4	3	3	36				
				Provedena neplatná kalibrace tvrdoměru	5	Zkušenosť	5	150	Nastavení systému kontroly tvrdoměrných destiček	Odd. kvality	Záznammik provedených kontrol je každý den kontrolován	4	3	2	24				
				Nedodržení metodiky při provádění zkoušek tvrdosti	5	Kontrola mistrem	5	125	Ujednotit metodiku provádění zkoušek tvrdosti. V průvoduce práce uvést místo provedení zkoušky	Odd. konstrukce	Sjednocení metodiky provádění zkoušek tvrdosti	4	3	4	48				
				Nevhodně použité přídavné opěrné zařízení nebo podpůrná kovadlinka	5	Zkušenosť	5	125	Zajistit vhodné přípravky pro aretaci zkoušeného dílu v tvrdoměru	Odd. konstrukce	V řešení	-	-	-	-				
Provedení zkoušek el. vodivosti	Naměřená vysoká hodnota el. vodivosti	Vyřazení součástí	7	Není provedena kalibrace zkušebního zařízení	5	Kontrola mistrem	4	140	Nastavit systém pravidelného školení a kontrol provádění zkoušek el. vodivosti	Odd. kvality	Proškolení a pravidelné pře zkoušování	4	3	3	36				
				Kalibrace není provedena v plném rozsahu	6	Kontrola mistrem	4	120	Proškolení personálu, nastavení systému kontroly provádění kalibrací a to v plném rozsahu	Odd. kvality	Proškolení obsluhy a zajištění dostatečného počtu etalonů	3	3	4	36				
				Nedodržení metodiky při provádění zkoušek el. vodivosti	5	Kontrola mistrem	5	125	Ujednotit metodiku provádění zkoušek el. vodivosti. V průvoduce práce uvést místo provedení zkoušky	Odd. konstrukce	Sjednocení metodiky provádění zkoušek tvrdosti	4	4	3	48				

Obr. 8-2 PFMEA formulář 2/3

Přek/ proces	Potenciální chyba	Potenciální následek	Význam	Současný stav				Navržená opatření				Vyhodnocení opatření			
				Potenciální příčiny	Výskyt	Současný stav: preventivní a kontrolní opatření	Závažnost	Odhaditelnost	Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpovídá/ Termín implementace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhaditelnost
Plánování a zabezpečení lidských zdrojů	Provádění ověřovacích zkoušek neprobíhá v souladu s výrobou	Pomalá reakce na vznik neshod	7	4	V nutných případech práce přesčas	4	112	Navýšení kapacit odborného personálu	Personální odd.	V řešení - navýšení kapacit	-	-	-	-	
			6	3	V nutných případech práce přesčas	4	72	Navýšení kapacit odborného personálu	Personální odd.	Bez opatření	-	-	-	-	
	Ověřovací zkoušky nejsou prováděny	Ne lze ověřit výrobu	8	3	-	5	120	Reagovat na průběh výroby a zajistit provádění zkoušek během odpolední směny	Odd. kvality	Práce přesčas-řešit NRPD	5	3	4	60	

Obr. 8-3 PFMEA formulář 3/3

8.1 Zlepšení technické přípravy a kvalifikace

V rámci PFMEA analýzy byla zjištěna vysoká míra nejednotnosti provádění zkoušek tvrdosti a el. vodivosti. Často docházelo pouze k částečnému ověření tvrdoměrů a přístrojů, které slouží pro měření el. vodivosti, nebo k tomu nedocházelo vůbec. Celkově špatně nastavený přístup k procesu provádění zkoušek měl za následek výrazné zvýšení počtu neshod. Z toho důvodu společnost přijala tato opatření:

Všichni zaměstnanci, kteří provádějí zmíněné zkoušky tvrdosti a el. vodivosti, podstoupili podrobné školení z metodiky. Byla provedena revize vnitropodnikových norem VPN 14057 a VPN 13713. Nastavil se systém ověřování znalostí zaměstnanců. Z původního školení 1× ročně se přešlo k systému čtvrtletního školení a přezkušování formou testů. Tyto testy slouží k vyhodnocení stupně znalostí a orientaci v dané problematice.

Oddělení konstrukce ve spolupráci s oddělením technologie sjednotilo přístup k provedení samotné zkoušky tvrdosti a el. vodivosti. Stanovila se jednotná metodika pro všechny pracovníky. Na vzorku součásti z analyzovaného programu se vizuálně označila místa určená k provedení zkoušek. Výsledek se posléze prezentoval všem dotčeným pracovníkům. Případné nejasnosti se pečlivě vysvětlily a objasnily. V závěru školení provedl každý pracovník pod dohledem vedoucího tyto ověřovací zkoušky. V případě nutnosti se metodika dopřesnila nebo dovysvětlila. Na úplném konci proběhla diskuze, kdy každý mohl přijít s vlastní připomínkou nebo nápadem. Výsledkem je zdůraznění významu kvality provedení za dodržení všech potřebných podmínek zkoušení. Nyní probíhá další sběr dat a poté bude vytvořena obrázková technologická průvodka.

Přístroje používané pro dané zkoušky postupně převzala externí firma, jež má smlouvu s analyzovaným podnikem. Uskutečnilo se tak ověření, popřípadě kalibrace každého přístroje s vystavením zprávy o jejím průběhu. Chybějící etalony vodivosti se dodaly na pracoviště a každému přístroji byla přiřazena jedna kompletní sada. Tvrdoměrné destičky určené k ověření tvrdoměrů se důkladně překontrolovaly. Nevyhovující destička byla z pracoviště odstraněna a dodána byla nová.

Podpurné prostředky používané pro stabilizaci dílu při provádění zkoušky tvrdosti budou podrobeny dalšímu zkoumání. Úkolem bylo pověřeno oddělení konstrukce ve spolupráci s oddělením technologie. Výstupem by tak měl být nový systém, který zabezpečuje vhodnou polohu a upevnění součásti v tvrdoměru při provádění zkoušky.

8.2 Organizace práce

Vedoucí oddělení kvality nastavil na základě analýzy systém reakce při zjištění nevyhovující hodnoty v průběhu provádění zkoušek. Nyní každý pracovník, který správně a metodicky provede zkoušku s nevyhovujícím výsledkem, postupuje následovně. Uskuteční provozní kalibraci přístroje a opakuje zkoušku. Pokud jsou zjištěné hodnoty opět nevyhovující, oznámí to vedoucímu kvality a ten rozhodne o dalším postupu. Může prozkoumat metodiku provedené zkoušky, nebo provést vlastní zkoušku.

Společnost dále přistoupila k internímu hodnocení zaměstnanců. Směrnici k tomuto přístupu již má vypracovanou, ale její plnění bylo využíváno jen výjimečně. Tyto podklady budou sloužit při rozhodování o udělení finančních odměn, které se společnost snaží pravidelně vyplácet 2× ročně.

Pro prevenci vzniku chyb při provádění jednotlivých zkoušek se oddělení kvality zaměřilo na dodržování nastaveného systému přestávek, ty jsou v intervalu směny o 2 × 15 min a 1 × 30 min. Eliminace možného výskytu přepracování je podpořena zlepšením procesu plánování

v oblasti zajištění provádění zkoušek v odpoledních směnách. Pracovníci si mohou sami rozhodnout, zda práci přesčas chtějí proplatit, nebo raději využijí tzv. náhradní volno. V praxi byl tento přístup velmi kladně hodnocen.

Personální oddělení ve spolupráci s oddělením kvality předložilo vedení návrh na navýšení kapacity odborných pracovníků. Společně s tím došlo k oslovení vybraných pracovníků z výroby, kterým byl předložen návrh na možnost jejich přeložení za podmínek zvýšení odborné kvalifikace.

8.3 Předcházení vzniku vad

Jedním z výstupů předložené analýzy je důvodné podezření, že materiál pro výrobu není vždy dodáván v požadované kvalitě. Společnost v průběhu doby upustila od přijímacích zkoušek a uchýlila se k přejímce na základě certifikace. Zpočátku bylo dosaženo finanční i časové úspory, nicméně v průběhu doby se počet neshod začal zvyšovat až na současnou úroveň.

Pro ověření dodávaného materiálu společnost nařídila provedení tahové zkoušky na vybraném vzorku z přijaté dávky. Z výchozího polotovaru deskovitého tvaru se odebrala část materiálu z okrajové části a následně se vyrobil vzorek pro tahovou zkoušku. Výsledek provedené zkoušky byl vždy vyhovující. Z tohoto důvodu se od pravidelného testování přijatého materiálu metodou provedení mechanických zkoušek upustilo.

Při sestavování Ishikawova diagramu metodou brainstormingu byla vytvořena hypotéza o nedostatečném tepelném zpracování při výrobě výchozího materiálu u výrobce. Myšlenka pracuje s předpokladem, že pro svoji značnou velikost nedojde při výrobě ke stejnému průběhu ochlazení napříč celým průřezem desky. Důsledkem toho by výrobky z okrajové části výchozího materiálu měly jiné vlastnosti než ty pocházející z místa blíže středu desky. Pro ověření zmíněného předpokladu je nastaven systém evidence původu každé součásti vzhledem k poloze na výchozím materiálu. Byl zpracován systém značení „materiál – pozice výrobku“, kde lze dohledatelným způsobem určit konkrétní výchozí materiál a z něj vyrobené součásti, včetně vlastního umístění. Vedení záznamů o pozici výskytu vad je v kompetenci oddělení kvality, které sleduje a vyhodnocuje průběh výskytu vad.

Společnost dále otevřela diskuzi ohledně provedení auditu přímo u výrobce výchozího materiálu. V současné době probíhá komunikace mezi výrobcem materiálu a analyzovanou společností. V době odevzdání této studie nedošlo k žádnému podstatnému posunu v rámci provedení auditu u výrobce. Předěšlé zkušenosti s tímto výrobcem příliš nenaznačují, jak konstruktivní bude jeho přístup k řešené problematice. V minulosti se už uskutečnila snaha o reklamaci výchozího materiálu, jež se opírala o nevyhovující výsledky mechanických (tahových) zkoušek vyrobených dílů. Ze strany dodavatele materiálu ale nebyly tyto snahy v žádném případě akceptovány. Mechanické zkoušky provedené odběratelem nebyly uznány jako platné. Reklamovaný materiál byl také vždy více či méně zpracovaný. Na tento fakt se také dodavatel odvolával s tvrzením, že nemůže ručit za použití vhodných podmínek obrábění atp.

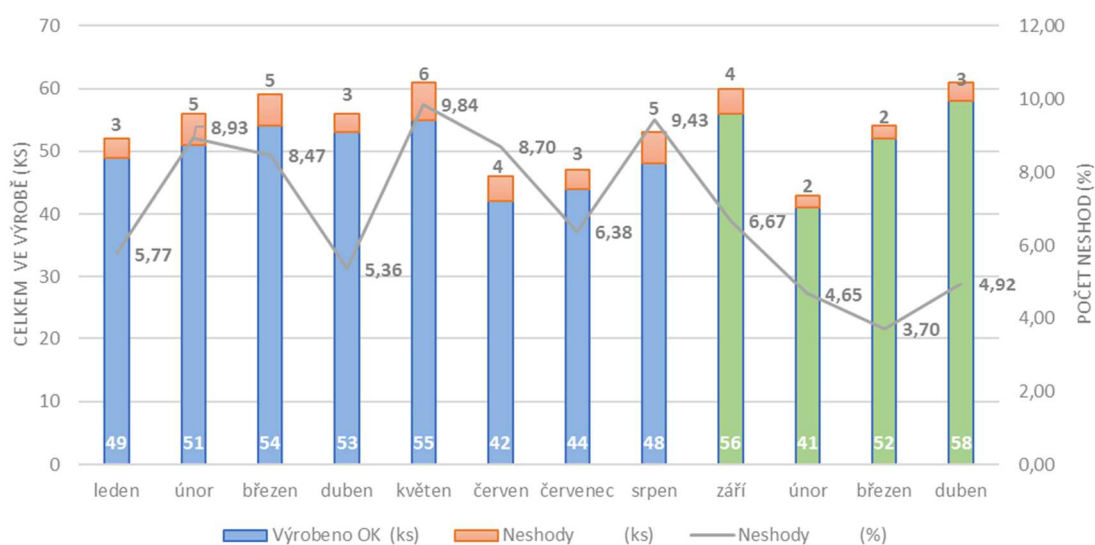
Z tohoto důvodu bylo navrženo vytvoření systému nezávislých zkoušek, které by zajišťovala třetí strana. Jejich průběh a výsledky by akceptovaly obě strany a na jejich podkladě by stanovily nápravná opatření. Kompetentní pracovníci jsou seznámeni s touto možností řešení reklamací a postoupí ji k další fázi rozpracování.

9 Zhodnocení navržených opatření

Navržené změny se v rámci možnosti ihned implementovaly do analyzovaných oblastí. Úpravou procesů za sledované období únor–duben 2019 došlo celkově ke snížení zmetkovitost ze 7,76 % na 4,43 % (Obr. 9–1). Neshody se vyskytly celkem v 7 případech ze 158 vyrobených kusů (Tab. 9–1).

Program AR8000	Před úpravou										Po úpravě			
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	Σ	únor	březen	duben	Σ
Výrobno OK (ks)	49	51	54	53	55	42	44	48	56	452	41	52	58	151
Neshody (ks)	3	5	5	3	6	4	3	5	4	38	2	2	3	7
Neshody (%)	5,77	8,93	8,47	5,36	9,84	8,70	6,38	9,43	6,67	7,76	4,65	3,70	4,92	4,43

Tab. 9-1 Průběh zmetkovitosti



Obr. 9-1 Vyhodnocení zmetkovitosti

9.1 Náklady na zmetkovitost

Společnost poskytla data o nakupovaném materiálu a sledu činností, které jsou nutné pro výrobu jednotlivých součástí z programu AR800. Konkrétní náklady na jednotlivé činnosti si však společnost nepřála v této práci uvádět.

Podle poskytnutých informací určuje cenu výchozího materiálu více faktorů, které se odvíjejí od množství, doby dodání či momentálního ekonomického vývoje. Proto jsou náklady na vstupní polotovary během roku odlišné. Vyčíslená hodnota je proto průměrem cen za rok 2018. Průměrná cena vstupního materiálu jednoho kusu desky z Al slitiny činí 42 866 Kč. Z tohoto polotovaru je možné vyrobit 5 ks součástí, čímž je určena hodnota nezpracovaného polotovaru na výrobu jedné součásti, a to ve výši 8 573 Kč.

Údaje o výši nákladů spojených s výrobou určuje pracnost a potřebný počet výrobních operací, které jsou uvedeny v příloze č. 3. Společnost pro tyto účely poskytla pouze konečnou výši nákladů na výrobu jedné součásti. Podrobnější data nebyla schválena ke zveřejnění v této analýze. Náklady na výrobu jsou ve výši 30 481 Kč a odrážejí především pracnost výroby a použitou technologii. Při neopravitelné neshodě jsou náklady vyčíslené na 24 482 Kč. Tato částka nezahrnuje cenu výchozího materiálu, ale pouze provedené práce. Dále je u neopravitelných dílů nutné přičíst položku testování, která vyjadřuje poměrnou částku nákladů. Ty jsou vynaloženy např. na provedení tahové zkoušky u nevyhovující série atp.

V případě tepelného přepracování součásti je cena finálního výrobku vyšší o 6 022 Kč. Částka zahrnuje náklady na samotné tepelné přepracování a následné rovnání, které je nutné po předchozím zpracování.

Přehled nákladů na výrobu dílů a vyjádření zmetkovitosti v programu AR800 je uveden v tab. 9–2:

Statistika výroby za období výchozí období leden až září 2018							
	Počet výrobků (ks)	Náklady na výchozí mat. (Kč)	Náklady na výrobu (Kč)	Náklady na opravu a testování (Kč)	Scrap náklady (Kč)	Náklady na 1ks součásti	Náklady na zmetkovitost celkem (Kč)
OK kusy	452	8 573	30 481	–	–	39 054	476 502
Neopravitelné	10	8 573	24 482	1 985	350 040	–	
Opravitelné	21	8 573	30 481	6 022	–	45 076	
Statistika výroby za období únor - duben 2019							
OK kusy	151	8 573	30 481	–	–	39 054	42 154
Neopravitelné	0	–	–	–	–	0	
Opravitelné	7	8 573	30 481	6 022	–	45 076	

Tab. 9-2 Statistika výroby - porovnání

Pokud vezmeme v úvahu průměrné hodnoty výskytu zmetkovitosti v % (tab. 10–1), nápravná opatření přinesla snížení o 3,33 % výskytu neshodných výrobků ve vztahu k celkové výrobě. Statisticky vzato, v případě roční výroby by došlo ke snížení o 16 ks neshodných výrobků v průběhu jednoho roku. Zahrneme-li stejný výskyt opravitelné a neopravitelné zmetkovitosti jako v roce 2018, připadá celkem 5 ks součástí na zmetkovitost neopravitelnou a 11 ks součástí na zmetkovitost opravitelnou. Pokud vezmeme příslušnou částku připadající na 1 ks vyzmetkované součásti a vynásobíme ji počtem kusů, dostáváme výslednou uspořeno částku, jež by v tomto případě činila 241 442 Kč za jeden rok.

9.2 Ekonomické zhodnocení

Navržené změny, které byly společností přijaty a implementovány do procesu, nejsou z ekonomického pohledu nákladnosti nikterak zatěžující. Jednalo se především o vyžadování důslednosti v procesu provádění zkoušek tvrdosti a el. vodivosti. Náklady na pořízení nových standardů vodivosti a tvrdosti byly nutné pro zabezpečení správné kalibrace přístrojů, jimiž se ověřují vlastnosti daného materiálu. Náklady na výrobu podpůrných prostředků pro tvrdoměry byly odhadnuty na částku deset tisíc korun.

Náprava	Náklady	Odůvodnění
Revize vnitropodnikových norem	–	Bez nákladů
Školení personálu	–	V rámci prac. Doby
Sjednocení metodiky zkoušek	–	Bez nákladů
Vytvoření obrázkové technologie	–	V řešení, cena nespecifikována
Ověření a kalibrace tvrdoměrů	–	V rámci smlouvy nespecifikováno
Pořízení potřebných etalonů el. vodivosti a tvrdosti	17 965 Kč	Náklady na pořízení potřebných standardů vodivosti a tvrdosti
Podpůrné prostředky pro tvrdoměry	10 000 Kč	V řešení, cena odhadnuta.
Interní hodnocení zaměstnanců	–	Bez nákladů
Řešení neshod s dodavatelem	–	Bez nákladů
Systém znění polohy součásti	–	Bez nákladů

Tab. 9-3 Ekonomika nápravných opatření

10 Závěr

Cílem předložené práce byla analýza zmetkovitosti ve vybrané společnosti za použití nástrojů a metod průmyslového inženýrství. Objektem zkoumání se v tomto případě stala společnost působící v leteckém průmyslu jako výrobce a dodavatel jednotlivých dílů a sestav. Podstatou bylo pochopení současného stavu a pojetí kvality v daném podniku, nalezení slabých míst a učinění nápravných opatření pro zamezení vzniku neshodných výrobků. V závěru pak měla být zhodnocena aplikovaná opatření z hlediska přínosu a vynaložených nákladů s doporučením pro další činnost.

V první fázi byla shromážděna data o průběhu zmetkovitosti. Následně došlo k vyhodnocení získaných údajů a k volbě kritického místa výroby. Oblastí zájmu se tak stala výroba komponent z vysoce jakostní hliníkové slitiny. Vyhodnocením výrobních programů byl stanoven nejméně efektivní a ten byl podroben dalšímu zkoumání. Nejvyšší výskyt zmetkovitosti byl zjištěn u programu zaměřeného na výrobu speciálních nosníků, jež jsou součástí trupu letounů. Následovalo vyhodnocení výchozího období a dosavadní způsob řešení neshod. Poté byla provedena Paretova analýza odhalující vady, jež mají největší podíl na celkové zmetkovitosti. Jejím výsledkem bylo odhalení nejčastější příčiny vzniku zmetkovitosti ve výrobě. Na jednotlivé díly byla často vystavena neshoda z důvodu nevyhovujících materiálových vlastností, které byly ověřovány zkouškou tvrdosti a el. vodivosti. Ověřování na základě těchto zkoušek probíhá po procesu obrábění. Následovalo vytvoření Ishikawova diagramu, ze kterého vzešly hypotézy o příčinách vzniku jednotlivých vad. Výstupem se tak stal akční plán, který sloužil jako prostředek k ověření jednotlivých hypotéz. Výstupem z této části bylo následné vytvoření procesního FMEA formuláře. Tento dokument obsahoval sledované závady, které mohou nastat, a k nim se přiřadily možné následky a příčiny. Tím vznikl přehledný nástroj pro řešení neshod a realizaci navržených opatření. Výsledky analýzy prokázaly zejména nedostatky v oblasti metodiky provádění jednotlivých zkoušek, nedbalosti pracovníků a nedostatečnému vybavení pracoviště. Analýza také otevřela otázku kvality dodávaného materiálu, který je do společnosti přejímán na základě certifikace. Podnik již v minulosti tento problém řešil, ale provedená opatření nevedla ke zlepšení. V současné době probíhá sběr potřebných dat týkajících se dodávaného materiálu a po vyhodnocení bude přistoupeno k dalším krokům.

Nápravná opatření byla uskutečněna v podobě revize pracoviště zabezpečujícího zkoušky tvrdosti a el. vodivosti. Zejména došlo k proškolení všech pracovníků a vytvoření jednotné metodiky měření. Oddělení kvality vytvořilo jasný systém při vzniku neshody v analyzovaném programu. Příslušné pracoviště bylo dovybaveno potřebným počtem standardů tvrdosti a vodivosti, které jsou potřebné pro průběžné ověřování. Do výroby byl zadán požadavek na vyhotovení speciálních podpůrných prostředků. Ty budou sloužit ke stabilizaci a správnému vyrovnání rozměrných součástí při provádění zkoušek tvrdosti.

Snížení zmetkovitosti mělo za následek pokles výskytu neshodných výrobků z průměrných 7,76 % na 4,43 %. Při stejném trendu by to znamenalo úsporu 241 442 Kč za jeden rok, přičemž náklady na opatření jsou odhadovány na méně než 30 000 Kč. Závěrem je však třeba říci, že některá opatření mohou být realizována až v delším časovém horizontu, což bude mít také vliv na celkový výskyt zmetkovitosti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Zídková, Helena; Zvoneček, František, *Jakost - styl života pro třetí tisíciletí*, Plzeň : Západočeská univerzita 2001. 139 s. ISBN 80-7082-720-3
- [2] VEBER, Jaromír. *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele. 2.*, aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2007. 204 s. ISBN 978-80-247-1782-1
- [3] BLECHARZ, Pavel. *Základy moderního řízení kvality. 1. vyd.* Praha: Ekopress, 2011. 122 s. ISBN 978-80-86929-75-0
- [4] ČSN EN ISO 9000. *Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016
- [5] VEBER, Jaromír, Marie HŮLOVÁ a Alena PLÁŠKOVÁ. *Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce: legislativa, systémy, metody, praxe. 2.*, aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2006. 359 s. ISBN 978-80-7261-210-9
- [6] NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století. 1. Vydání* Praha: Management Press, 2018. 368 s. ISBN 978-80-726-1561-2
- [7] ČSN EN ISO 9001. *Systémy managementu kvality – Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015
- [8] ČSN EN ISO 9004. *Management kvality – Kvalita organizace – Návod k dosažení udržitelného úspěchu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018
- [9] NENADÁL, Jaroslav; Darja NOSKIEVIČOVÁ; Růžena PETŘÍKOVÁ; Jiří PLURA; Josef TOŠENOVSKÝ. *Moderní management jakosti – principy, postupy, metody. 2. dopl. vydání*. Praha: Management Press, 2008. 380 s. ISBN 978-80-7261-186-7
- [10] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní systémy řízení jakosti: quality management. 2. dopl. vydání*. Praha: Management Press, 2002. 282 s. ISBN 80-7261-071-6
- [11] NENADÁL, Jaroslav. *Systémy managementu kvality. Co, proč a jak měřit?* Praha: Management Press, 2016. 302 s. ISBN 978-80-7261-426-4
- [12] MIZUNO, Shigeru. *Řízení jakosti*. Praha: Victoria Publishing, 1993. 301 s. ISBN 80-856-0538-4
- [13] ANDERSEN, Bjørn a Tom Fagerhaugh. *Analýza kořenových příčin. Zjednodušené nástroje a metody. 2. vydání*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. 242 s. ISBN 978-80-02-02356-2
- [14] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST, FMEA: *Analýza možných způsobů a důsledků závad. 4. vydání*, 2008. 143 s. ISBN 80-02-01476-6
- [15] PYZDEK, Thomas, Paul KELLER. *The Handbook for Quality Management: A Complete Guide to Operational Excellence. Second Edition*. Publisher: McGraw-Hill Professional Publishing 2012. 484 p. ISBN 978-0-07-179924-9
- [16] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada Publishing, a.s. 2011. 232 s. ISBN 978-80-247-3938-0
- [17] ŠANDA, L. *Global 8D Report – efektivní nástroj pro zvyšování jakosti výroby v integrovaném systému řízení kvality* [online]. Strojírenská technologie Plzeň 2009: sborník abstraktů: III. ročník mezinárodní konference konané ve dnech 21.- 22.1.2009

- v Plzni. Vyd. 1. Plzeň: ZČU v Plzni, 2009 [cit. 2019-04-13]. ISBN 978-80-7043-750-6. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/16447/1/Sanda.pdf>
- [18] PROCESS QUALITY MANAGEMENT: *G8D - Global 8D* [online]. PQM OSTRAVA. [cit. 2019-04-13] Dostupné z <http://www.pqm.cz/NVCSS/g8dcs.html>
- [19] ČSN EN 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007
- [20] ČSN ISO 7870-2. *Regulační diagramy – Část 2: Shewhartovy regulační diagramy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [21] MICHNA, Štefan. *Encyklopedie hliníku*. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4
- [22] WIKIPEDIE: The free encyclopedia. *Vývojový diagram*: [online]. [cit. 2019-04-12] Dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDvojov%C3%BD_diagram
- [23] WIKIPEDIE: The free encyclopedia. *Diagram příčin a následků*: [online]. [cit. 2019-04-12] Dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/Diagram_p%C5%99%C3%AD%C4%8Din_a_n%C3%A1sledk%C5%AF
- [24] AMS 2770H. *Aerospace Material Specification – Heat Treatment of Wrought Aluminium Alloy Parts.*: Publisher: SAE International, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001, 2006. 18 p.
- [25] AMS 2658. *Hardness and Conductivity Inspection of Wrought Aluminium Alloy.*: Publisher: ASTM International, 100 Barr Drive, P. O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, 2009. 8 p.

Interní normy a předpisy

- [26] VNITROPODNIKOVÁ SMĚRNICE: *VPS č. 6/99 Systém ověřování nakupovaného produktu*
- [27] VNITROPODNIKOVÁ SMĚRNICE: *VPS č. 14/98 Řízení neshodného produktu*
- [28] VNITROPODNIKOVÁ NORMA: *VPN. 52060 Přejímací plán*
- [29] VNITROPODNIKOVÁ INSTRUKCE: *VPI – 05 - 0519 Samokontrola*
- [30] VNITROPODNIKOVÁ SMĚRNICE: *VPS č. 2/98 Procesy integrace managementu jakosti*
- [31] VNITROPODNIKOVÁ SMĚRNICE: *VPN 14057 Ověřování produktů z lehkých slitin metodou vířivých proudů*
- [32] VNITROPODNIKOVÁ SMĚRNICE: *VPN 13713 Ověřování nedestruktivní metodou – zkoušky tvrdosti*
- [33] VNITROPODNIKOVÁ INSTRUKCE: *VPI – 72 - 1220 Kontrolní metodika ve výrobě*

PŘÍLOHA č. 1

Vzor formuláře oznámení neshody

Oznámení neshody – přední strana dokumentu

OZNÁMENÍ NESHODY						POČET PŘÍLOH SUPPLY NO. PAGES					
NONCONFORMANCE REPORT						8	1	2	3	4	5
C. vzr. zakázka Order No.	C. ř. Line No.	C. u. Role no.	Výkresové číslo, norma, typ Drawing no., standard, typ.			Index Rev.	Typ, let. Aircraft	V. c. let. A/cr. Prod No.			
Číslo přijímacího listu Acceptance list no.		Číslo dodacího listu Bill of deliver no.		SKL. číslo / číslo technologického postupu Inv. code / part no.		Datum dodání Date of delivery		Množství nahlášené Submitted qty			
Neshod. množ., marko NCR qty, Defect	Izolace Hold ON	Stř. střediska Resp. Work Center	Datum Date	Vnitř. - ev. číslo Internal person ID			Podpis střediska Signature of resp. per				
Popis neshody Discrepancy description											
Vyosená vidlice											
Materiálové náklady Material Costs	Mezové náklady Labour Costs	Všerukásky Overhead Costs		Ostatní Others		Celkové náklady Total Costs					
										- Kč	

Oznámení neshody – zadní strana dokumentu

ON č. NCR No.		Datum Date	Vyřadeno kým Issued by	Telefon Ext.	Razítko Stamp
Opisření Action		Datum Date			
Dispozice Disposition		Zodpovědnost Responsibility			
		Klasifikace Classification			
		Zaměnitelnost Interchangeability			
		NTN Deviation			
		Použít jak je Use as is			
		Šrot Scrap			
		Přepřacování Rework			
		Oprava Repair			
		Reklamáce Claim			
		Útvar Dept.		Ano/Ne Yes/No	
		Jméno Name		Podpis Signature	
		Datum Date			
		TU Production Eng.			
		RK Engineering			
		ÚŘJ QA			
		Odborný dozor Expert supervisor			
		Úřad Office			
Název společnosti (dodavatele) Supplier's name		Kód společnosti (dodavatele) Supplier's code			
Analyza Analysis	Opakování závady Iterative of nonconformance	N	Detail Detail	X	Ukončeno kým Conclusion by
	Druh neshody Sort of nonconformance	A	Montáž Assembly		Datum Date
	Příčina neshody Cause of nonconformance	A	Proces Process		Razítko Stamp
					Poznámka Note

PŘÍLOHA č. 2

Vzor formuláře nálezový list

Nálezový list č. (výrobní číslo letounu /pořadové číslo NL)

Findings Protocol No. (Aircraft S/N / NL Ordinal No.)

Pořadové číslo	Nález	Odstranil	Kontroloval
Ord. No.	Findings	Eliminated by	Inspected by

PŘÍLOHA č. 3

Ověření stanovených příčin

Lidé

Příčina I

Hypotéza:

Zkoušky tvrdosti a zkoušky el. vodivosti provádí pracovník s nedostatečnou kvalifikací.

Ověření:

Seznam pracovníků vykonávající zkoušky tvrdosti a el. vodivosti, oprávnění, praxe, osobní karta, hodnocení pracovníka.

Průběh:

- a) Identifikace požadavků na kvalifikaci pracovníků.
- b) Shromáždění údajů z personálního oddělení a kvality.
- c) Vyhotovení tabulky se zapsanými údaji o jednotlivých pracovnících.
- d) Vyhodnocení a diskuse nad shromážděnými údaji.

Vyhodnocení:

Ve výrobním oddělení podniku, kde se zhotovují výrobky pro program AR800 jsou k dispozici celkem čtyři pracovníci, kteří vykonávají kontrolní činnosti v oblasti měření tvrdosti, el. vodivosti a dále dle potřeby provádějí další zkoušky pro ověřování výroby.

Tři pracovníci jsou dlouhodobými zaměstnanci ve společnosti a jeden pracovník byl přeřazen z výroby na oddělení kvality k 1.1.2018.

Všichni pracovníci mají potřebné kvalifikační předpoklady, které jsou nutné pro výkon funkce.

Opatření / doporučení:

Bez opatření.

Příčina II

Hypotéza:

Pracovník provádějící zkoušku tvrdosti a el. vodivosti nepostupuje správně vzhledem k specifikaci součástí v programu AR800.

Ověření:

Znalost specifikace programu AR800 v návaznosti na součásti, které jsou podrobeny zkouškám. Informovanost o souvisejících normách, které určují metodiku měření daných parametrů.

Průběh:

- a) Shromáždění potřebných informací ohledně požadavků na provedení zkoušky tvrdosti a el. vodivosti, dle souvisejících norem.
- b) Kontrola metodiky u jednotlivých pracovníků při provádění měření tvrdosti a el. vodivosti.

Vyhodnocení:

Dva zaměstnanci nepostupovali, při zkoušce tvrdosti v souladu s normou AMS 2680. Při měření el. vodivosti došlo k pochybení z důvodu chybného výkladu metodiky a nedodržení postupu uvedeného ve vnitropodnikové normě VPN 14057 *Ověřování produktů z lehkých slitin metodou vířivých proudů*.

Opatření / doporučení:

Proškolit pracovníky z dané normy a upozornit na specifika výrobního programu.

Příčina III

Hypotéza:

Pracovník vykonávající kontrolní činnosti je přepracovaný, dochází k únavě a tím vzniku chyb. Špatně odečítané hodnoty.

Ověření:

Vytíženost pracovníků provádějící měření, směnnost.

Průběh:

- Získání informací ohledně vytíženosti pracovníků provádějící kontrolní činnost.
- Směnnost.
- Pracovní podmínky, dodržování přestávek.

Vyhodnocení:

Pracovníci vykonávající kontrolní činnost pracují v jednosměnném provozu. Pracovní doba je od 6:00-14:30, včetně obědové přestávky v délce 30minut. Pracovníci mají dle pravidel společnosti nárok na obědovou přestávku a dvě pauzy v délce trvání 15minut, viz tabulka níže.

Pracovní doba a přestávky				
Pracovní doba (hod)	Pracovní dny	Přestávka	Délka přestávky (min)	Čas čerpání (hod)
6:00-14:30	pondělí-pátek	1.	15	8:30-8:45
		2.	30	11:15-11:45
		3.	15	13:15-13:30

Pracovní doba a přestávky

Pravidelné přestávky jsou v reálném provozu dodržovány jen sporadicky. Vzhledem k výrobním podmínkám a k různým neočekávaným situacím dochází k tomu, že tlak zejména na kontrolní činnost je nevyvážená. Operátoři CNC frézek pracují v režimu jednosměnného až dvousměnného provozu. Jde především o situace vysoké vytíženosti strojů, které jsou určeny k obrábění velkých tvarových součástí. Zařazení odpolední směny bývá také následkem zvýšeného výskytu zmetkovitosti.

Hlavní problém nastává v ranních až dopoledních hodinách, kdy v případě dvousměnného provozu obráběcích CNC frézek došlo ke kumulaci vyrobených dílů, které je nutné zkontrolovat.

Opatření / doporučení:

V režimu dvousměnného provozu CNC frézek zajistit provádění zkoušek i v odpolední směně. Detailněji analyzovat vytíženost pracoviště vykonávající kontrolní činnost a přijmout další opatření, např. v podobě navýšení pracovníků, popřípadě zajistit zastupitelnost v případě nepřítomnosti.

Zařízení

Příčina I

Hypotéza:

Zařízení, které je používáno pro měření el. vodivosti není v odpovídajícím technickém stavu.

Ověření:

Stáří, poruchovost, provádění údržby, ověření funkčnosti

Průběh:

- a) Identifikace zařízení
- b) Shromáždění informací ohledně údržby, provedených opravách, poruchovost
- c) Kontrola platnosti kalibračních nálepek, technická dokumentace o provádění údržby strojů a zařízení
- d) Provedení funkční zkoušky, kalibrace

Vyhodnocení:

Zařízení Sigmatest 2.068 a Sigmatest 2.069 jsou používány v odpovídajícím technickém stavu. Dle plánu údržby a preventivních prohlídek je zaznamenáván průběh činností a výsledky těchto úkonů jsou dohledatelné v *Záznamníku oprav a preventivních prohlídek zařízení*. Dle dostupné dokumentace nevykazují přístroje zvýšený výskyt závad. Technická dokumentace k obsluze zařízení Sigmatest 2.068 a Sigmatest 2.069 je uložena na pracovišti. Všechny přístroje používané pro měření požadovaných parametrů mají čitelné validační známky, které dokládají platnou kalibraci přístroje.

Opatření / doporučení:

Bez opatření.

Příčina II

Hypotéza:

Při procesu obrábění je materiál nedostatečně ochlazován, což vede k překročení teplotní odolnosti a ke změně požadovaných vlastností.

Ověření:

Použití chladicího média při obrábění. Stav zařízení a součástí dopravující chladicí médium. Dostatečné množství ochlazovací kapaliny v systému

Průběh:

- a) Shromáždění informací
- b) Proces doplňování chladicího média do systému zařízení a kontrola jeho vlastností
- c) Kontrola funkčnosti zařízení dopravující ochlazovací kapalinu a jeho součástí

Vyhodnocení:

Doplňování chladicí kapaliny do zařízení provádí operátor příslušného obráběcího centra. Dostupné množství ochlazovacího média pro obráběcí stroje je dostatečný. Za kvalitu odpovídá externí firma a požadovaný stav kapaliny dokladuje pravidelnými kontrolami.

Při zkoušce funkčnosti zařízení dopravující ochlazovací kapalinu nebyla nalezena žádná závada. Zařízení bylo plně funkční s dostatečným množstvím kapaliny v systému. Přidružené součásti jako hadice pro dopravu kapaliny nevykazovaly známky poškození nebo sníženého průtoku ochlazovacího média.

Opatření / doporučení:

Bez opatření.

Materiál

Příčina I

Hypotéza:

Pro výrobní program AR800 je ze skladu dodán jiný výchozí materiál

Ověření:

Proces dodání materiálu ze skladu do výrobní haly.

Průběh:

- a) Revize záznamů o vydaném materiálu
- b) Průběh dodání materiálu ze skladu k výrobě
- c) Značení materiálu a ověřování ve výrobě

Vyhodnocení:

Materiál je dodán na základě požadavku výroby buď přímo do obráběcí centra nebo je nejdříve přemístěn k procesu dělení a poté je dopraven k samotnému zpracování na CNC frézkách.

Jelikož se jedná o polotovar specifických rozměrů, který je skladován na paletách na zemi v hale, je velice nepravděpodobné, že by byl zaměněn s jiným výchozím materiálem. Jediným možným místem záměny se tak jeví pracoviště, kde dochází k dělení materiálu na jednotlivé kusy.

Z dostupných záznamů za výchozí období leden-září 2018 plyne, že záměna materiálu byla zaznamenána ve dvou případech. Vzhledem k určitým nepřesnostem zjištěných při zadávání údajů do informačního systému, lze kalkulovat i s možností chybně zadaných parametrů příčiny vyzmetkování součástí do informačního systému.

Opatření / doporučení:

Nastavení systému značení jednotlivých kusů polotovaru po procesu dělení.

Příčina II

Hypotéza:

Výchozí materiál dodaný dodavatelem na základě certifikace nemá deklarované vlastnosti

Ověření:

Analyzovat možné příčiny vstupu nevyhovujícího materiálu do společnosti

Průběh:

- a) Ověření, zda dodavatel nedodal jiný materiál, s jinými vlastnostmi – podvržené osvědčení
- b) Ověřit, že dodavatel nezaměnil dodaný materiál vstupující do společnosti
- c) Ověření, zda dodavatel nedodal nevyhovující výchozí materiál i přes provedení všech potřebných zkoušek a kontrolních mechanismů

Vyhodnocení:

U vybraných nevyhovujících součástí, které se označily ke šrotaci byla provedena spektrální analýza pro zjištění chemického složení. U testovaných vzorků se chemické složení shodovalo s požadavky deklarovanými u dané hliníkové slitiny. Předpoklad, že dodavatel omylem zamění dodávaný materiál je vzhledem k průběhu výskytu zmetkovitosti nepravděpodobný.

V případě dodání nejakostního materiálu dodavatelem i přes provedení všech nutných zkoušek bylo uvažováno o příčině, kdy by se jednalo o nestejnorodé vlastnosti napříč průřezem desky. Při revizi vystavených neshod u nevyhovujících součástí nebylo možné dohledat jejich umístění na výchozím materiálu. Rozvržení součástí ve spojitosti s výskytem zmetkovitosti by mohlo naznačovat na nedokonalé tepelné zpracování desek. Mohlo by tak docházet při procesu umělého stárnutí k nerovnoměrnému ochlazování materiálu v celém jeho průřezu. Vlastnosti materiálu by z okrajů desky směrem ke středu byly postupně odlišné.

Opatření / doporučení:

Vytvořit systém značení a záznamu umístění součástí na jednotlivých deskách. Zbytkový materiál po obrábění součástí evidovat a skladovat do doby provedení úspěšné kontroly tvrdosti a el. vodivosti. Při vystavení neshody postupovat systematicky. Analyzovat možné způsoby předcházení výroby součástí z nekvalitního materiálu.

Proces

Příčina I

Hypotéza:

Měření tvrdosti neprobíhá za platných podmínek, nejsou prováděny kalibrace

Ověření:

Kontrola provádění provozní kalibrace tvrdoměrů (nepřímé ověřování)

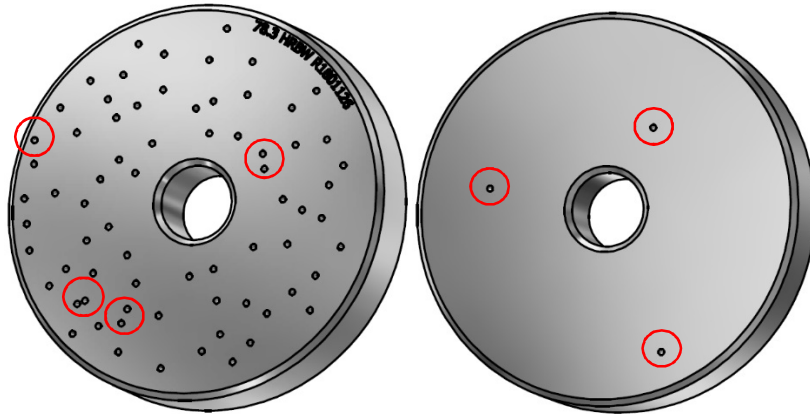
Průběh:

- a) Revize dokumentace dokládající průběh a provedení zkoušek
- b) Revize záznamů o evidenci tvrdoměrných destiček a použití správných referenčních etalonů
- c) Kontrola stavu tvrdoměrných destiček

Vyhodnocení:

Provozní kalibraci tvrdoměrů si společnost zajišťuje sama (nepřímé ověřování). Přímé ověření zařízení je prováděno externí akreditovanou kalibrační společností na základě dohodnuté smlouvy.

Při prvotní kontrole samotné dokumentace nebyla shledána závažná pochybení. Provozní deník k měřicímu zařízení obsahuje záznamy o provedených zkouškách. Uvedené záznamy provozní kalibrace jsou vedeny v souladu s VPN 13713 *Ověřování produktů nedestruktivní metodou – měření tvrdosti* a v návaznosti na ASTM E18 *Standard test methods for Rockwell hardness of metallic materials*. Při kontrole tvrdoměrných destiček byl zjištěn nesoulad s provozní dokumentací. Na pracovišti se nacházela jedna tvrdoměrná destička, která byla již vyřazena z důvodu vysokého počtu vtisků a špatného povrchu na lící straně. Na daném pracovišti jsou standardně k dispozici tři tvrdoměrné destičky, které jsou určeny k provádění provozních kalibrací tvrdoměrů. Destička používaná pro provedení provozní kalibrace před každou směnou vykazovala známky četného používání. Při bližším zkoumání bylo zjištěno, že počet vtisků na tvrdoměrné destičce neodpovídá údajům uvedených v příslušné záznamníku. V dokumentaci byly provozní kalibrace uváděny dle požadavku VPN 13713, fyzicky však veškeré provozní kalibrace nemohly být provedeny, neboť počet vtisků na tvrdoměrné destičce nesouhlasil s počtem záznamů v dokumentaci. Ve třech případech bylo zjištěno nedodržení okrajové vzdálenosti dvou vtisků, která má činit minimálně trojnásobek průměru vtisku. V jednom případě nebyla dodržena okrajová vzdálenost od hrany tvrdoměrné destičky. Tyto neplatné měřicí vtisky nebyly jednak řádně (barevně) označeny a ani tato skutečnost nebyla v provozní dokumentaci řádně zaevidována jako neplatný pokus. Na rubu tvrdoměrné destičky byly nalezeny tři vtisky i přesto, že na této ploše nelze provádět platné zkoušky.



Obr. 0-1 Tvrdoměrná destička – líc a rub

Opatření / doporučení:

Izolovat vyřazenou tvrdoměrnou destičku.

Okamžitě provést kalibraci tvrdoměru metrologickým oddělením, a to s použitím nejméně 3 standardů, respektive tvrdoměrných destiček. U každého standardu provést nejméně tři měření a z jejich výsledků vypočítat aritmetický průměr. Tuto hodnotu zaokrouhlit s přesností na dvě desetinná místa. Všechny měření musejí být v tolerančním poli dané tvrdoměrné destičky. Do záznamů řádně uvést průběh zkoušky, a to včetně případných neplatných pokusů, které budou trvale označeny na tvrdoměrné destičce a v záznamníku uvedeny v poznámce. V případě nevyhovující zkoušky na kterémkoliv standardu je daný tvrdoměr neprodleně předán externí společnosti k provedení kalibrace.

Neprodleně proškolení zaměstnance s vnitropodnikovou normou VPN 13713 *Ověřování produktů nedestruktivní metodou – měření tvrdosti* s návazností na ASTM E18 *Standard test methods for Rockwell hardness of metallic materials* a ČSN EN ISO 6508-2 *Kovové materiály – Zkouška tvrdosti podle Rockwella – Část 2: Ověřování a kalibrace zkušebních strojů a vnikacích těles*.

Nastavit systému pravidelného školení a zavedení mechanismu ověřování znalostí, a to dokumentovatelným způsobem.

Zavedení pravidelných kontrol souladu dokumentace a fyzického provádění provozní kalibrace tvrdoměru.

Příčina II

Hypotéza:

Měření el. vodivosti neprobíhá za platných podmínek, nejsou prováděny kalibrace

Ověření:

Kontrola provádění provozní kalibrace přístroje pro měření el. vodivosti (nepřímé ověřování)

Průběh:

- a) Revize dokumentace dokládající průběh a provedení zkoušek
- b) Revize záznamů o evidenci provozních a referenčních etalonů
- c) Kontrola stavu provozních a referenčních etalonů

Vyhodnocení:

Provozní deníky od jednotlivých zařízení jsou k dispozici na pracovišti vykonávající tyto zkoušky, společně s přístroji Sigmatest 2.068 a Sigmatest 2.069. Dokumentace deklaruje provedení ověřovací kalibrace v daném časovém intervalu. Stejně tak provozní kalibrace je zaznamenávána dle VPN 14057 *Ověřování produktů z lehkých slitin metodou vířivých proudů*.

Každý měřicí přístroj má přidělené referenční standardy vodivosti, které slouží obsluze přístroje k provádění provozní kalibrace. Při kontrole pracoviště byla k dispozici pouze jedna sada provozních etalonů, i když se na stanovišti nacházely dva měřicí přístroje. Pro vykonání provozní kalibrace je zapotřebí použití minimálně čtyřech kalibrovaných etalonů vodivosti, každý pro jiný rozsah měřené veličiny. Z dostupných informací vyplývá fakt, že se k ověřování přístrojů prostřednictvím provozní kalibrace používá velmi často pouze jedna sada referenčních etalonů.



Obr. 0-2 Sada provozních etalonů

Referenční etalony sloužící ke kalibraci přístroje v intervalu dle VPN 14057 a jsou k dispozici v osmi kalibrovaných standardech, každý pro jinou toleranci. Zmíněná vnitropodniková norma určuje proces ověřování s patřičnými náležitostmi. Určuje také požadavky na ověření podle zvoleného kalibračního rozsahu. Elektrická vodivost dle příslušné normy je členěna do 3 dílčích rozsahů, tj. R1; R2; R3. Požadavkem kalibrace měřicích přístrojů je ověření všech rozsahů.

K tomuto účelu jsou k dispozici již zmíněné referenční etalony v počtu osmi kusů. Pro provedení ověření celého rozsahu, tzn. R1, R2 a R3 je zapotřebí nejméně devět etalonů. Obr.25 znázorňuje požadavky na referenční etalony při provádění ověřovací kalibrace přístrojů.

I přes tento nesoulad s normou VPN 14057 jsou na pracovišti k dispozici veškeré referenční etalony, které slouží pro potřeby ověření přístroje v požadovaném rozsahu R2, který je používán v programu AR800.

Rozsah	Hodnota rozsahu	Ověření pro požadované rozsahy	Požadavky na etalony
R1	0,9-25 % IACS	min. 3ks etalonů	1ks etalonu v toleranci $\pm 2,5$ % IACS od spodní meze rozsahu příslušného R 1ks etalonu v toleranci $\pm 2,5$ % IACS od horní meze příslušného R Zbytek v celé škále příslušného rozsahu R
R2	16-60 % IACS	min. 5ks etalonů	
R3	60-102 % IACS	min. 3ks etalonů	

Tab. 0-1 Požadavky na počet etalonů pro jednotlivé zkušební rozsahy

Opatření / doporučení:

Zajistit provádění provozních a referenčních zkoušek v souladu s vnitropodnikovou normou VPN 14057 s ohledem na zjištěné nedostatky.

Proškolit zaměstnance v oblasti postupu ověřování přístrojů určených pro zkoušení elektrické vodivosti hliníkových slitin.

Nastavit systému pravidelného školení a zavedení mechanismu ověřování znalostí, a to dokumentovatelným způsobem.

Příčina III

Hypotéza:

V technologickém postupu došlo k chybně předepsaným hodnotám pro daný materiál

Ověření:

Kontrola dokumentace u vystavených neshod

Průběh:

- a) Ověření předepsaných materiálových hodnot u vyzmetkovaných součástí

Vyhodnocení:

Za výchozí období leden-září 2018 nebyla nalezena žádná chybně předepsaná hodnota pro el. vodivost či tvrdost, která by neodpovídala specifikům výchozího materiálu.

Opatření / doporučení:

Bez opatření

Metody

Příčina I

Hypotéza:

V průběhu procesu obrábění jsou změněny parametry obrábění

Ověření:

Kontrola programů u CNC strojů

Ověření vlivu změny parametrů na výsledné vlastnosti součásti

Průběh:

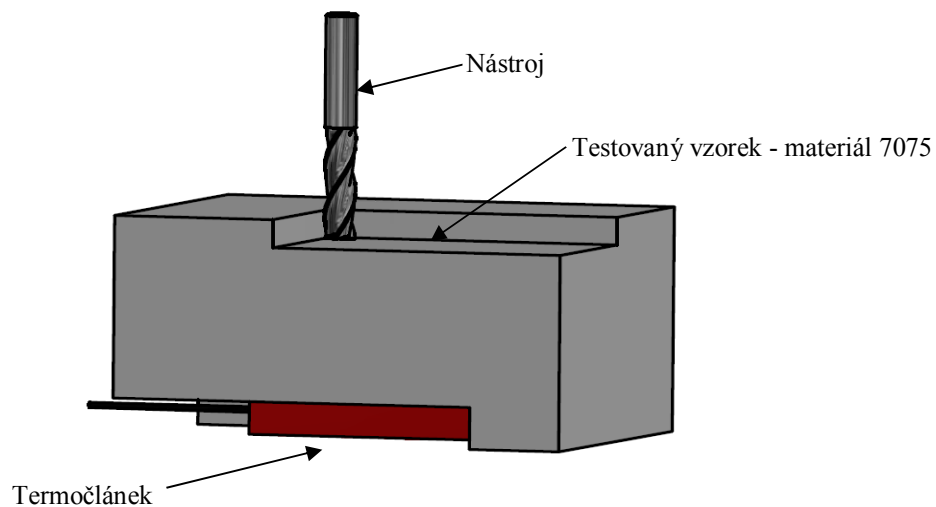
- a) Kontrola průběhu programů
- b) Analýza procesu tepelného zatížení součásti při změně podmínek

Vyhodnocení:

Oddělení technologie vytváří a spravuje programy pro CNC obráběcí centra. Obsluha může zasáhnout do průběhu programu, či pozměnit parametry procesu obrábění, byť k tomuto faktu nic nenasvědčuje.

Pro ověření hypotézy o tepelném ovlivnění obráběné součásti bylo přistoupeno k testu. Hodnotil se vliv špatných řezných podmínek a nedostatečné ochlazování.

Měření teploty probíhalo při obrábění pomocí termočláneku umístěného na spodní straně obrobku. Obr. 26 znázorňuje umístění termočláneku v testovaném vzorku při obrábění.



Obr. 0-3 Termočlánek umístění v obráběném vzorku

Testovaný vzorek pocházel ze zbytkového deskového materiálu z programu AR800. Úběr materiálu probíhal postupně z tloušťky 100 mm na konečné 4 mm od pozice termočláneku. Test byl proveden na třech vzorcích, přičemž v prvním pokusu byly pověřeným pracovníkem změněny parametry obrábění. Při druhém pokusu se zachovaly standardní podmínky obrábění, ale bez použití ochlazovací média. Třetí testování probíhalo na vzorku za podmínek kombinující první dva pokusy, tzn. při změně řezných podmínek a nepoužití ochlazovacího média.

Nevyšší hodnotu naměřené teploty vykazoval testovaný vzorek ve třetím pokusu. Při dosažení hranice tloušťky 4 mm od umístění termočláneku byla zaznamenána teplota 46,4°C.

Poté byl vzorek postoupen k vyhodnocení reakce materiálu na jeho technologické zpracování. Zjištění stavu tvrdosti a el. vodivosti testovaného vzorku probíhalo standardně jako u součástí z programu AR800. Před zahájení samotného zkoušení na uvedené parametry bylo nutné provést úpravu povrchu, neboť hodnota drsnosti neodpovídala požadavkům na bezchybné provedení zkoušky.

Po vykonání zkoušky tvrdosti a el. vodivosti bylo konstatováno, že změna parametrů obrábění a nepoužití ochlazovací kapaliny neměly vliv na výsledek zkoušky.

Analýza potvrdila vysokou tepelnou odolnost materiálu 7075 ve stavech T73xx, neboť materiálová specifikace daného materiálu uvádí teploty a doby trvání při kterých nedochází ke změně mechanických vlastností. Hodnoty teplot a časovou aplikaci přibližuje obr. 27.

Tepelná odolnost						
Teplota	160 °C	150 °C	135 °C	125 °C	120 °C	100 °C
Doba působení	max. 3 min	max. 20 min	max. 1 hodina	max. 2 hodiny	max. 4 hodiny	trvale
Pozn.: Tyto teploty lze aplikovat i opakovaně						

Tab. 0-2 Tepelná odolnost materiálu 7075 v T7351

Opatření / doporučení:

Bez opatření.

Příčina II

Hypotéza:

Při provádění zkoušek tvrdosti není dodržena metodika měření

Ověření:

Analýza požadavků na provádění zkoušek tvrdosti

Analýza metodiky provedení zkoušek tvrdosti jednotlivými pracovníky

Vliv velikosti a členitosti součásti na proces provedení zkoušek tvrdosti

Průběh:

- a) Shromáždění požadovaných norem, vnitropodnikových norem, interních nařízeních a veškeré dokumentace potřebné pro analýzu požadavků na správné provedení zkoušky
- b) Kontrola metodiky provádění zkoušek tvrdosti jednotlivými pracovníky

Vyhodnocení:

Při provádění kontrol metodiky zkoušení tvrdosti u jednotlivých pracovníků byla zjištěna nejednotná metodika. Průvodka práce nepředepisuje přesné místo provedení vtisku při měření tvrdosti. Tato skutečnost se v praxi projevovala rozdílným průběhem provedení zkoušky. Někteří pracovníci měřili tvrdost na lící straně a jiní za použití kovadlinky na straně opačné. Okrajová vzdálenost byla dodržena ve všech případech, kdy probíhalo ověřování metodiky měření.

V jednom případě došlo u součásti k provedení dvou vtisků, respektive k měření tvrdosti na dvou místech a ze získaných hodnot byl posléze vypočítán aritmetický průměr, který byl zapsán jako výsledná hodnota. Průběh sice odpovídal normě VPN 13713 *Ověřování produktů nedestruktivní metodou – měření tvrdosti*, nicméně v programu AR800 bylo odběratelem požadováno provedení minimálně tří vtisků s následnou zaznamenanou průměrnou hodnotou.

Opatření / doporučení:

Ujednotit metodiku provedení zkoušky tvrdosti. V průvodce práce uvést místo pro provedení vtisků.

Vytvořit obrázkovou technologickou průvodku pro provádění zkoušek tvrdosti v programu AR800.

Příčina III

Hypotéza:

Při provádění zkoušek el. vodivosti není dodržena metodika měření

Ověření:

Analýza požadavků na provádění zkoušek el. vodivosti

Analýza metodiky provedení zkoušek el. vodivosti jednotlivými pracovníky

Průběh:

- a) Shromáždění požadovaných norem, vnitropodnikových norem, interních nařízeních a veškeré dokumentace potřebné pro analýzu požadavků na správné provedení zkoušky el. vodivosti
- b) Kontrola metodiky provádění zkoušek tvrdosti jednotlivými pracovníky

Vyhodnocení:

V průběhu analýzy metodiky provádění zkoušek na hodnoty el. vodivosti byla zjištěna řada pochybení. Jednalo se zejména o nedodržení předepsaných počtů měřicích cyklů u dané součásti. Interní norma VPN 14057 *Ověřování produktů z lehkých slitin metodou vířivých proudů* specifikuje požadavky na měření el. vodivosti vůči tvarovým dispozicím měřených součástí. Vzhledem ke specifickému tvaru součásti a její různorodé tloušťce je nutné provádět měření v následujícím rozsahu a za podmínek:

- Měření v místech vzdálených od sebe vždy po 250 mm
- Měření v krajních částí, bez vlivu okrajového efektu
- Měření musí probíhat v krajních místech tloušťky, tzn. minimální a maximální
- Pokud naměřená hodnota el. vodivosti leží uvnitř předepsaného intervalu, postačí v tomto místě pouze jedno měření. Pokud se naměřená hodnota shoduje s minimální nebo maximální předepsanou hodnotou el. vodivosti, musí se měření v daném místě zopakovat ihned nejméně třikrát po sobě (platná hodnota je aritmetický průměr z těchto třech měření)

V praxi se ve většině případů nepostupovalo za výše uvedených podmínek a vdaném rozsahu. Nebyl respektován požadovaný rozsah měření vůči velikosti součásti. V určitých případech nebylo zamezeno vlivu okrajového efektu, což by mohlo vést k určitému zkreslení naměřených hodnot.

Dále nebyla dodržena provozní kalibrace přístroje v časové návaznosti. Kalibrace se sice provedla na začátku směny, ale v průběhu provádění měření, které přesahovalo stanovenou dobu již provedena nebyla. VPN 14057 určuje požadavky na provádění kalibrací, kdy zařízení musí být při měření el. vodivosti pravidelně kalibrováno v intervalu maximálně 15 minut.

Opatření / doporučení:

Proškolení zaměstnance v oblasti provádění zkoušek el. vodivosti se zaměřením na specifika měřené součásti.

Vytvořit obrázkovou technologickou průvodku pro provádění zkoušek el. vodivosti v programu AR800.