ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití nástrojů řízení kvality ve společnosti Kdynium a.s

Autor: **Aneta KAUFNEROVÁ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Helena Zídková, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

Poděkování

Chtěla bych tímto moc poděkovat mé vedoucí práce Doc. Ing. Helena Zídková, Ph.D. za její ochotu, trpělivost a odborné vedení. Dále bych chtěla poděkovat vedení společnosti Kdynium a.s za příležitost vypracování bakalářské práce a za poskytnutí materiálů. Také bych chtěla poděkovat panu Janu Mačudovi za cenné rady při tvorbě této bakalářské práce.

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne: …….

. . . . . .

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Kaufnerová	**Jméno** Aneta	
STUDIJNÍ OBOR	2301R016/ „Strojírenská technologie-technologie obránění“		
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Doc. Ing. Zídková, Ph.D.	**Jméno** Helena	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - Kto		
DRUH PRÁCE	~~**DIPLOMOVÁ**~~	**BAKALÁŘSKÁ**	**Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Využití nástrojů řízení kvality ve společnosti Kdynium a.s		

FAKULTA	strojní	**KATEDRA**	KTO	**ROK ODEVZD.**	2017

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM		**TEXTOVÁ ČÁST**		**GRAFICKÁ ČÁST**	

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Hlavním úkolem bakalářské práce je nalezení a odstranění příčin, které způsobily zvýšení zmetkovitosti v roce 2016 ve společnosti Kdynium a.s. V první části je představena společnost a její technologie. Poté následuje charakteristika vybraných nástrojů řízení kvality. Další částí je seznámení s kvalitou ve společnosti a analýza příčin problémů pomocí Paretova diagramu a Ishikawova diagramu. Dalším bodem jsou návrhy nápravných opatření a zavedení těchto opatření do výroby. V závěru práce je zhodnocení účinnosti nápravných opatření a celkové zhodnocení práce.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	kvalita, nástroje, řízení kvality, Paretův diagram, Ishikawův diagram

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	**Surname** Kaufnerová	**Name** Aneta	
FIELD OF STUDY	2301R016/ „Strojírenská technologie-technologie obránění“		
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Doc. Ing. Zídková, Ph.D.	**Name** Helena	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	~~**DIPLOMA**~~	**BACHELOR**	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	Use of the tools of quality management in the company Kdynium a.s.		

FACULTY	Mechanical Engineering	**DEPARTMENT**	KTO	**SUBMITTED IN**	2017

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY		**TEXT PART**		**GRAPHICAL PART**	

BRIEF DESCRIPTION **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	The main purpose of this undergraduate thesis is to locate and eliminate the cause of higher rate of defective product output at Kdynium a.s. in 2016. The first part of the thesis introduces the company and used technology. The next step is a characterization of chosen implements of quality management. The following part deals with the quality management in the company and the analysis of the cause of problems using Paret's and Ishikawa's diagrams. The next section suggests corrective measures and implementation of these measures into the production. In the conclusion there is an assessment of the corrective measures and a general assessment of the thesis.
KEY WORDS	quality, tools, quality control, Paret diagram, Ishikawa diagram

Obsah

1 Úvod, cíle práce 1
1.1 Představení společnosti 1
1.2 Popis technologie a výrobního zařízení 1
2 Charakteristika vybraných nástrojů řízení kvality 3
2.1 Paretův diagram 3
2.2 Ishikawův diagram 4
3 Rozbor náročnosti vyráběných odlitků 7
3.1 Kvalita ve společnosti Kdynium a.s. 7
3.2 Vady odlitků 9
3.3 Klasifikace vad odlitků 10
3.4 Rozbor náročnosti 11
4 Analýza problému pomocí nástrojů řízení kvality 12
4.1 Paretův digram 12
4.2 Životně důležitá menšina – popis vad 13
4.2.1 Katalog vad přesných odlitků 13
4.2.2 Vada nedolití, nezaběhnutí 13
4.2.3 Zadrobeniny 14
4.2.4 Vady tvaru a povrchu voskových modelů 15
4.2.5 Popeloviny 16
4.2.6 Mechanické poškození 16
4.2.7 Praskliny 17
4.3 Ishikawův diagram 18
4.4 Závažné příčiny 22
4.5 Méně závažné příčiny 23
4.6 Zanedbatelné příčiny 24
5 Návrhy řešení a realizace 25
5.1 Návrhy a řešení vady nezaběhnutí 25
5.2 Návrh a řešení vady zadrobeniny 26
5.3 Návrh a řešení vady tvaru a povrchu 27
5.4 Návrh a řešení vady popeloviny 27
5.5 Návrh a řešení vady mechanické poškození 27
5.6 Návrh a řešení vady praskliny(trhliny) 27

5.7 Průběžné vyhodnocení....28
5.8 Nové nápravné opatření....29
6 Zhodnocení a závěr....30
6.1 Zhodnocení....30
6.2 Závěr....30
7 Citovaná literatura....31
8 Seznam obrázků....32
9 Seznam tabulek....33

1 Úvod, cíle práce

Každý podnik působící v tržním prostředí se v současnosti více či méně střetává s intenzivním růstem domácí i zahraniční konkurence. Při prosazování podniku na trhu a budování image mezi veřejností hraje důležitý význam využití systému managementu kvality. Managment kvality se stává neoddělitelnou složkou rozvoje jakéhokoliv podniku, který chce prosperovat v tržní ekonomice a dostat se do podvědomí zákazníka.

Cílem bakalářské práce je nalezení a odstranění příčin, které zvýšily zmetkovitost v roce 2016 ve společnosti Kdynium a.s. K nalezení příčin byly využity dva ze sedmi základních nástrojů řízení kvality, a to Paretův diagram a Ishikawův diagram.

1.1 Představení společnosti

Společnost Kdynium a.s je firma se 70 letou tradicí sídlící ve městě Kdyně. První odlitky metodou vytavitelného modelu byly zhotoveny v roce 1954 a byly podnětem ke změně strategie výroby ve společnosti. V roce 1958 přešel národní podnik Kdynium strojírny do resortu ministerstva všeobecného strojírenství a během dvou let byla vybudována slévárna o kapacitě 400 tun odlitků za rok. Mimořádné ekonomické výsledky byly podnětem k vybudování moderní slévárny. V roce 1986 zvyšováním výrobních kapacit expandovala společnost až na 2 000 tun přesných odlitků. Od roku 1992 je společnost zapsána do obchodního rejstříku jako akciová společnost.

Společnost je držitelem certifikátů ISO/TS 16949, ISO 14001 a ISO 9001. Největší export výrobků je do Německa a Rakouska, a to v oblasti automobilového průmyslu.

1.2 Popis technologie a výrobního zařízení

Společnost se zabývá výrobou přesných odlitků metodou vytavitelného modelu. Metoda vytavitelného modelu se od běžných slévárenských metod odlišuje vyšší jakostí povrchu a užšími rozměrovými tolerancemi. Přednosti této metody dovolují značně přiblížit odlitek tvarem i rozměry hotové součásti.

Výrobní postup začíná zhotovením modelu, který se vyrábí z oceli a tvarem se přibližuje budoucímu tvaru součástky. Jeho rozměry jsou stanoveny s ohledem na smrštění vosku a kovu a na tepelné roztažnosti keramické formy. Tento ocelový model slouží k odlití formy ze zinkové slitiny. Poté je odlitá forma mechanicky opracována a dokončena nástrojaři.

Základem produktivní výroby přesných odlitků je hromadná výroba voskových modelů. Voskové modely se zhotovují na speciálních lisech vstřikováním voskové směsi pod tlakem do forem, které jsou jako vyměnitelné vložky zakládány do chlazeného bloku lisu. Vstřikovací lisy pracují zpravidla automaticky, obsluha pouze sleduje jejich chod, popřípadě vyjímá jen hotové výlisky. Voskové modely prochází kontrolou a poté se voskové modely sestavují v licí útvar. Licí útvar je sestava jednoho nebo skupiny voskových modelů sestavených do vtokové soustavy, tzv. stromečku.

Sestavování soustavy se provádí pájením, pomocí vyhřívaného nástroje. Vtokové kanály jednotlivých modelů a místa na vtokovém kůlu se ohřejí a lehkým tlakem spojí.

Po sestavení voskového stromečku následuje výroba keramické formy. Na voskové stromečky se nanáší několik keramických obalů. Nanášení a sušení obalů probíhá automaticky na obalovací lince za stálého dohledu. Voskové stromečky zavěšené na dopravníku přicházejí k jednotlivým obalovacím stanicím a postupně se noří do vany s řídkou obalovací směsí

a následně do zásypového písku. Poté postupují dále do sušicího tunelu, kde vrstva na každém stromečku ulpí a suší se v proudu vzduchu za optimálních podmínek teploty a vlhkosti. Po vysušení přichází k další obalovací stanici. Tento postup se opakuje, až je skořepina dostatečně silná a pevná.

Obalené stromečky se po sejmutí z obalovací linky a po vysušení vloží do autoklávu, v němž se tepelným nárazem vytaví vosk. Ten stéká na dno nádoby, odkud je přetlakem periodicky dopravován zpět do přípravny vosku.

Vytavené skořepiny jsou usazovány na měkké pískové lože pecního vozíku. Postupně procházejí elektrickou tunelovou vypalovací směsí s řízenou teplotou. Po tomto vypálení jsou skořepinové formy připraveny k lití.

Tavení kovu je prováděno v elektrických kelímkových středofrekvenčních indukčních pecích s automatickou regulací pod stálým dohledem taviče. Velikost a výkonnost tavicích pecí je volena tak, aby zajišťovala optimální podmínky pro dodržení minimálního rozdílu teploty odlévaného kovu mezi začátkem a koncem lití. Vsázkování jednotlivých druhů tavených materiálů je prováděno podle předem stanoveného předpisu vsázek.

Žhavé skořepiny, které vystupují ze žíhací pece na vozíku, jsou dopraveny k licí plošině. Odlévání skořepin je prováděno z pánve osazené v závěsu na licí drážce. Po odlití postupuje vozík do chladicího tunelu nebo do karbonizační jednotky, kde je povrchová vrstva odlitků chráněna před reakcí kyslíku a před oduhličením.

Po průchodu chladicím tunelem jsou odlité stromečky dopravovány k vibrátorům.

Vtokové kůly se oddělují od odlitků brusným rozřezávacím kotoučem nebo na vibrátoru. Po oddělení odlitků od vtokové soustavy se odstraní zbytky ulpělé keramiky tryskáním jemným ocelovým granulátem, pískem nebo ve speciálním zařízení louhováním.

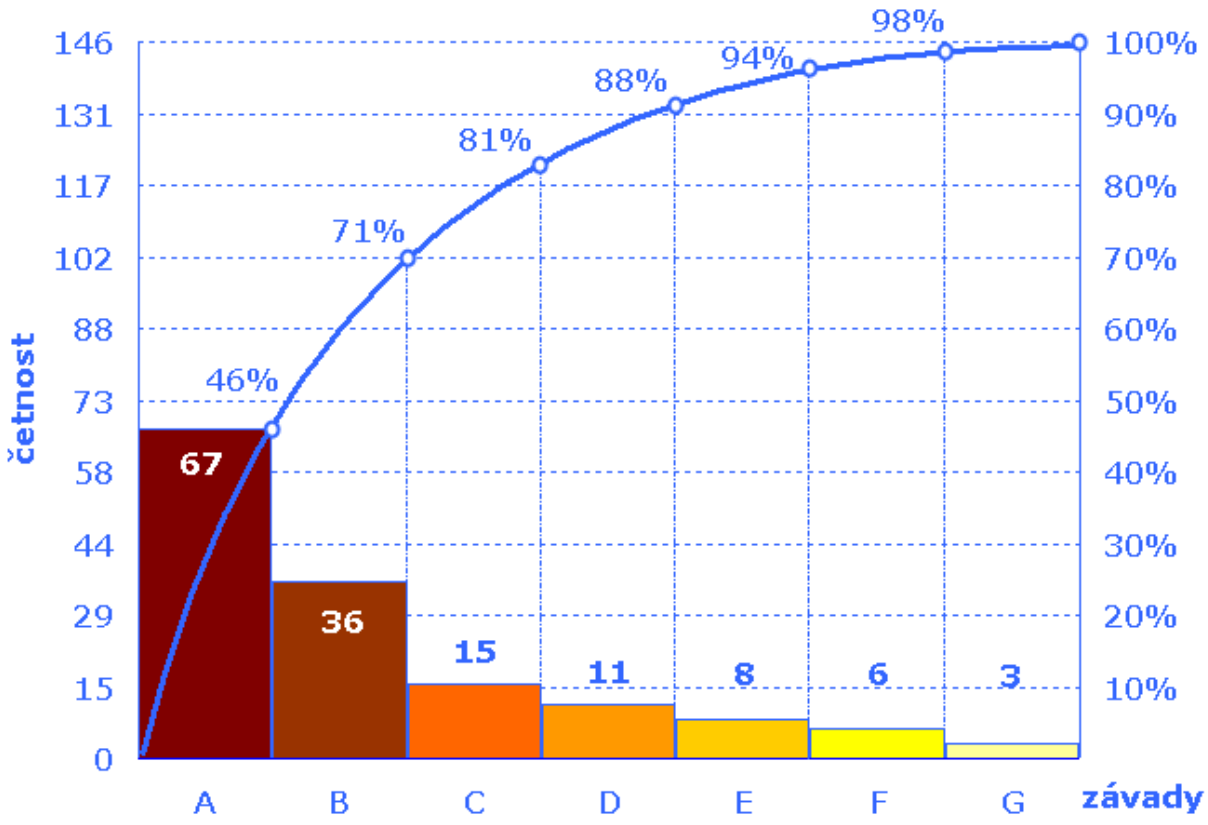
Po dokončení odlitků je prováděna 100% ní vizuální kontrola kvality povrchu, kalibrace nebo v některých případech další specifikované zkoušky.

2 Charakteristika vybraných nástrojů řízení kvality

2.1 Paretův diagram

Jedním z hlavních cílů programu řízení kvality je snížení nákladů na neshodné výrobky. Existuje celá řada typů neshod a každá z nich se objevuje s jinou intenzitou. Je tedy třeba si v prvém kroku analýzy neshod učinit objektivní obraz o četnostech jednotlivých typů neshod na každém ze zkoumaných výrobků a o ztrátách, které jednotlivá neshoda vyvolává. Obvykle se ukazuje, že jen několik málo výrobních operací, typů neshod nebo příčin těchto neshod jsou nositelem větší části všech takových nedostatků a ztrát. Postup analýzy je založen na myšlence italského ekonoma Vilfreda Pareta, který na začátku minulého století zjistil, že 80 % národního důchodu je tvořen 20% obyvatelstva. Vhodnost této myšlenky pro oblast řízení kvality objevil v padesátých letech minulého století J.M. Juran. Podle něho je 80 až 95 % problémů v oblasti řízení kvality vyvoláno 5 až 20 % příčin, a právě na tuto menšinu je třeba v analýze problémů přednostně zaměřit, podrobně ji analyzovat a maximálně možným způsobem potlačit její působení. (1)

Prostředkem k zobrazení Paretovy analýzy je Paretův diagram, který je jedním ze sedmi základních nástrojů řízení kvality. Je to sloupcový graf, ve kterém jsou sloupce seřazeny od nejvyššího po nejnižší.



Obr. 1: Paretův diagram *(2)*

Sestrojení Paretova diagramu předpokládá:

- vymezit si všechny typy neshod či specifikovat všechny příčiny, které vyvolávají situaci, že výrobek je neshodný, případně, že vzniká daný problém;
- stanovit kritérium, podle kterého se budou analyzované neshody, příčiny či problémy hodnotit; obvykle to bývá četnost, vynaložené náklady, hledisko závažnosti apod.;
- uspořádat si jednotlivé neshody, příčiny či problémy podle stanoveného kritéria v klesajícím řádu (tedy například od nejvyšší četnosti neshodných k jejich nejnižší četnosti) ve formě tabulky, v níž pro každou neshodu (příčinu nebo problém) je uvedena nejen absolutní četnost, ale i kumulativní četnost a kumulativní relativní četnost (obvykle uvedená v procentech);
- sestrojit graf, (obr. 1) v němž jsou na vodorovné ose uvedeny všechny druhy neshod nebo identifikační čísla zkoumaných neshod (příčin nebo problémů) v pořadí stejném jako v připravené tabulce (tedy v klesajícím pořadí), na levé svislé ose jsou vynesené příslušné absolutní četnosti a na pravé svislé ose jsou vyznačeny kumulativní relativní četnosti; v koncových bodech intervalů příslušných jednotlivým druhům neshod nebo identifikačním číslům neshod je vynesena jejich četnost. Spojením bodů kumulativní relativní četnosti vznikne lomená čára (nebo po vyhlazení spojitá křivka). Z jejich průběhu se odečte pro zvolenou hladinu důležitosti (např. 80%), které typu neshod (příčin nebo problémů) je nutno aktuálně řešit, aby došlo k výrazné nápravě, tzn. k odstranění nebo ke snížení hlavních příčin neshod, a tím ke zlepšené úrovně kvality. Uvedená lomená čára kumulativních četností vyjádřená v procentech se nazývá *Lorenzova křivka*. (1)

U určení „životně důležité menšiny“ existuje několik postupů. První hledá bod zlomu na Lorenzově křivce, tj. místo kde se stoupání křivky prudce snižuje. Položky nalevo od bodu zlomu budou životně důležité. Druhý způsob je ten, že na vodorovné ose vezmeme 20 % položek a ty považujeme za životně důležité. Poslední způsob využívá jednoduchého propočtu. Celkový počet všech položek se podělí počtem typů položek a je získán průměrný počet vad na 1 položku. Poté se porovná četnost výskytu u dané položky s průměrem.

2.2 Ishikawův diagram

Ishikawův diagram ukazuje grafickou formou vztah mezi následkem a příčinami, obecněji řečeno mezi sledovaným znakem kvality (následkem) a možnými zdroji kolísání tohoto znaku kvality (příčinami). Pro svůj tvar bývá tento digram také nazýván „diagram rybí kosti“,

Příčiny bývají většinou členěny v souladu se Shewhartovým pojetím procesu (stroje, metody, prostředí, materiály, měření a lidé). Tento přístup je běžný zvláště v průmyslových aplikacích. Naproti tomu speciální (například technologické) problémy pochopitelně nemusí všechny zmíněné typy příčin pokrývat, ale přihlížejí k jiným stěžejním pro řešení problému.

Základní obecný tvar diagramu je znázorněn na obrázku 2. Následek, který je obvykle lokalizován v pravé části diagramu, obsahuje vždy stručnou specifikaci problému, který se má řešit; tato část diagramu bývá nazývána také „rybí hlava“. Nalevo od ní se zobrazují jednotlivé hlavní příčiny a odvozené dílčí příčiny neboli subpříčiny. Každá subpříčina je uváděna do relace v pořadí, které odpovídá úrovni ovlivnění hlavní příčiny.

Ishikawův diagram může být konstruován jediným pracovníkem, ale mnohem výhodnější je využít mozkového potenciálu týmu pracovníků, kteří se s řešeným problémem často setkávají, a uplatnit tzv. brainstorming, Každý ze zúčastněných může tak svými zkušenostmi přispět k obohacení výčtu příčin a subpříčin, a tak se minimalizuje možnost opomenutí některé z nich

v celkových úvahách směřujících v prvém kroku k určení všech příčin, které mohou objasnit, proč je chování procesu právě takové, jaké je nyní. (1)

Realizace brainstormingu

- výběr vhodného kolektivu
- svolání kolektivu
- zvolení moderátora
- vysvětlení podstaty problému
- proces brainstormingu

Zásady brainstormingu

Při využívání brainstormingu se doporučuje přihlédnout k následujícím všeobecně uznávaným a prověřeným zásadám:

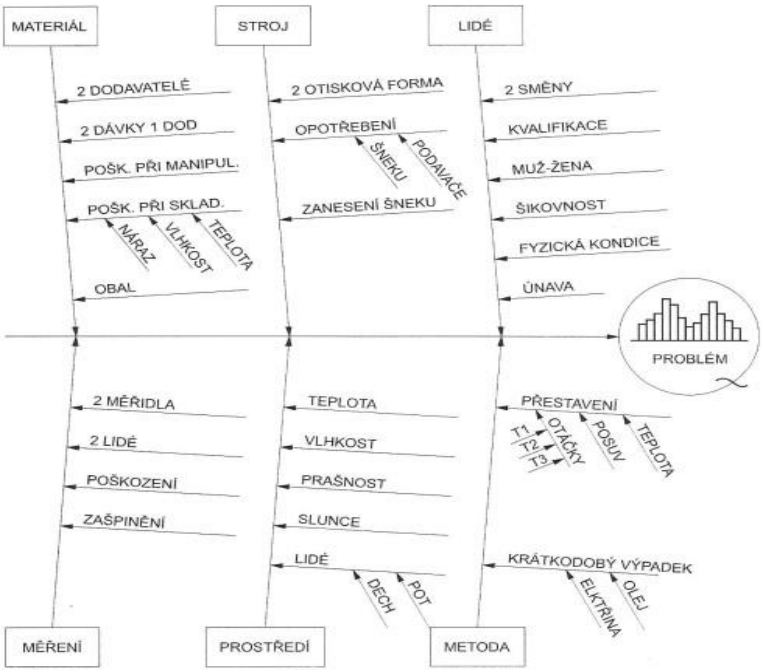
- Cílem brainstormingu je získat co nejvíce nápadů, proto každý přednesený nápad a myšlenka by měly být zapsány.
- Brainstorming by měl řídit jediný – předem dohodnutý nebo jmenovaný – pracovník (moderátor).
- Mělo by se dovolit každému, kdo cítí potřebu k řešenému problému něco říci, aby tak mohl učinit.
- Snahou moderátora by mělo být vyburcovat v lidech tvořivé myšlení.
- Předložené nápady, přístupy a myšlenky by se neměly nikdy kritizovat a hodnotit v okamžiku jejich předložení. To by se mělo ponechat na závěr, kdy se obvykle přiřazují váhy jejich důležitosti.
- V diskuzi by se moderátor měl snažit vyprovokovat účastníky k předkládání dalších myšlenek například otázkou. „Které další příčiny by mohly vyvolat variabilitu na určité větvi?“, je-li daná větev málo obsazená.
- Moderátor by měl zásadně ignorovat skutečnost, že někdo ničím nepřispěje do diskuze. Je to právo účastníka diskuze.

Často je užitečné nejprve shromažďovat myšlenky získané při brainstormingu, zapsat je na papír, pak je utřídit a přiřadit je k jednotlivým hlavním příčinám nebo subpříčinam, a teprve následně je zapsat do diagramu k příslušným větvím. Může se ukázat, že ne všechny podchycené myšlenky se skutečně daného problému týkají a ovlivňují jeho řešení. Ty se vyloučí nebo se jim dá velmi malá váha, která pak určuje pořadí důležitosti. (1)

Konstrukce Ishikawova diagramu

Při konstrukci diagramu se postupuje v těchto krocích:

- Přesně se vymezí znak kvality, který se chce zlepšit nebo řídit.
- Zvolený znak kvality (následek) se zapíše do prostoru hlavy diagramu (na pravou stranu diagramu) a od hlavy na levou stranu se zakreslí vodorovná přímka („páteř ryby“).
- Specifikují se hlavní zdroje příčin kolísání sledovaného znaku kvality formulovaného v hlavě. Tyto zdroje mají představovat „hlavní příčiny“, a tedy se jimi označí „žeberní kosti“ vycházející z vodorovné přímky představující „páteř ryby“.
- Subpříčiny jednotlivých hlavních příčin se obvykle získávají výše zmíněným brainstormingem a zapisují se k jednotlivým větvím vybíhajícím ze žeberní kosti. (1) (3)



Obr. 2: Ishikawův diagram *(4)*

Vyhodnocení

Vyhodnocení diagramu:

- určení nejdůležitějších příčin
- analýza nejdůležitějších příčin

Určení nejdůležitějších příčin

Tento požadavek se dá vyřešit tzv. metodou bodového hodnocení nebo Paretovou analýzou.

Metoda bodového hodnocení: Každý člen týmu dostane určitý počet bodů a přiděluje podle svého uvážení body nejpravděpodobnějším příčinám. Dále se sečtou přidělené body a zjistí se možné příčiny problému.

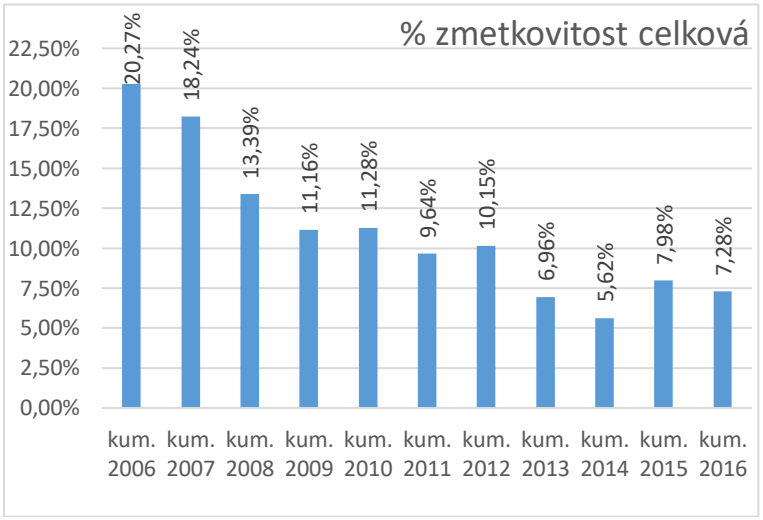
3 Rozbor náročnosti vyráběných odlitků

3.1 Kvalita ve společnosti Kdynium a.s.

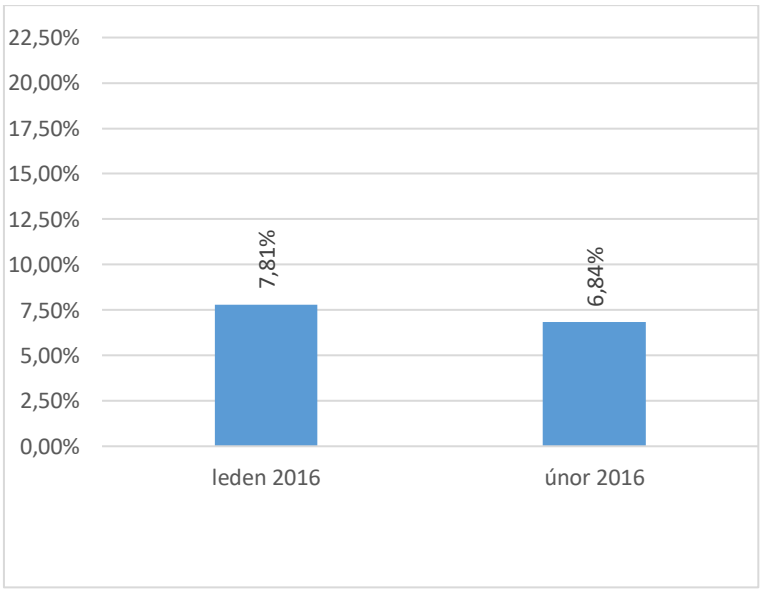
Ve společnosti Kdynium a.s. je stanovená plánovaná průměrná měsíční celková zmetkovitost 7%. Jedná se o výpočet zmetků z kontrolovaných kusů v uvedeném období. Největší podíl zmetků je určen na tavírně (tavení a odlévání kovu) – 73% z celkové 7% zmetkovitosti, což odpovídá plánu 5,11% pro tavírnu. Druhý největší podíl zmetků je na obalovně (výroba keramických skořepin) – 21% z celkové 7% zmetkovitosti, tato hodnota odpovídá plánu 1,47% pro obalovnu.

Stanovená zmetkovitost je denně kontrolována provozně a jednou měsíčně se předkládá zpráva o kvalitě vedení společnosti.

Od roku 2006 roční kumulace celkové zmetkovitosti klesala až do roku 2014 a byla dosažena nejnižší hodnota zmetkovitosti 5,62%. Kumulativní zmetkovitost v roce 2015 dosáhla hodnoty cca 7,98%. V roce 2016(k únoru 2016) byla kumulativní zmetkovitost 7,28%. (obr. 3)

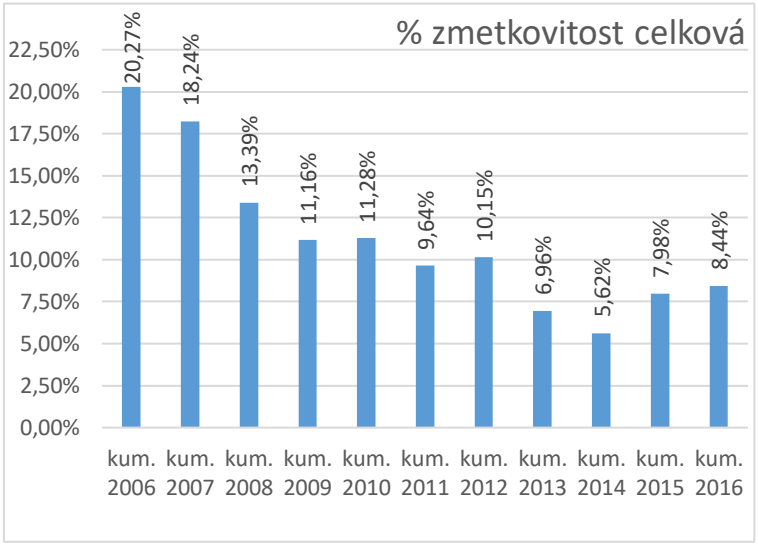


Obr. 3: Graf kumulativní zmetkovitosti-únor 2016

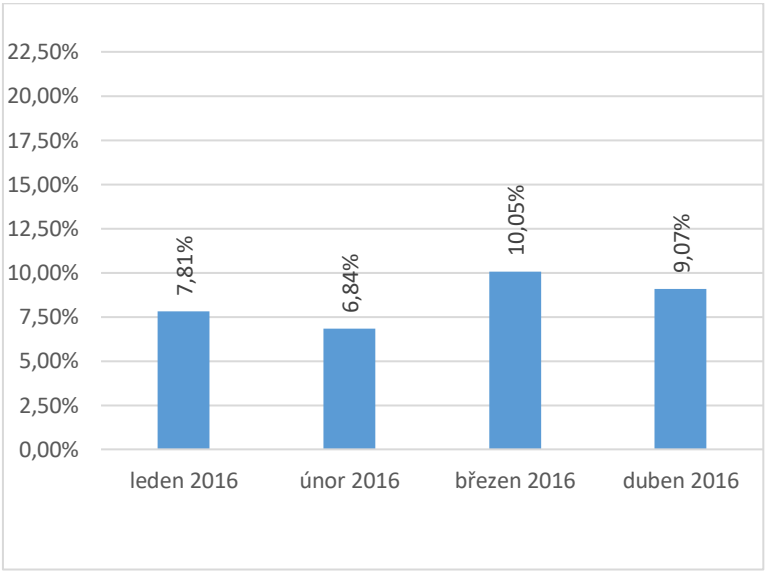


Obr. 4: Graf zmetkovitosti-únor 2016

Do února 2016 bylo dosahováno požadované kvality (obr. 3). Poprvé se ukázal problém se zvýšenou zmetkovitostí v měsíci březnu a opakoval se v měsíci dubnu, což je zřetelné v obr.6.



Obr. 5: Graf kumulativní zmetkovitosti-duben 2016



Obr. 6: Graf zmetkovitosti-duben 2016

Po tomto zjištění bylo rozhodnuto, že zmíněný problém se zvýšenou zmetkovitostí začne řešit zmetková komise. Tato zmetková komise je složená ze zástupce výroby, zástupce kvality a tří zástupců technologie.

3.2 Vady odlitků

Vadou odlitků rozumíme každou odchylku rozměrů, hmotnosti, vzhledu, struktury, celistvosti, chemického složení nebo vlastností (mechanických a fyzikálních) odlitků od příslušných norem, standardů, výkresů a technických podmínek. Zjišťují se vizuálně, měřením, vážením, laboratorními zkouškami a nedestruktivními metodami. Obecné rozdělení vad ocelových odlitků vychází z ČSN 42 1240 Vady odlitků, názvosloví a třídění vad.

Dle stanovených norem nebo sjednaných technických podmínek se může stát, že stejná odchylka je někdy vadou *přípustnou,* jindy *nepřípustnou, opravitelnou nebo odstranitelnou*. Proto má termín „vada odlitku“ podmíněný význam. Vady odlitků mohou být *zjevné* nebo *skryté.*

Zjevné vady jsou takové vady, které se mohou zjistit vizuální kontrolou nebo jednoduchými měřidly.

Skryté vady jsou takové vady, které se zjistí až po obrobení odlitku vhodnými přístroji při laboratorních zkouškách (nedestruktivní zkoušky – rentgenové zkoušky, penetrační zkoušky). Jedná se tedy převážně o vnitřní vady.

Přípustná vada je vada, kterou příslušné normy nebo technické podmínky připouštějí, aniž by požadovaly její odstranění výrobcem odlitků.

Nepřípustná vada je odchylka od příslušných norem nebo sjednaných technických podmínek, kterou nelze odstranit opravou nebo jejíž oprava je podle dokumentace nepřípustná, protože činí odlitek z funkčního hlediska nepoužitelným.

Opravitelná vada je odchylka na odlitku od příslušných norem nebo technických podmínek, kterou je dovoleno podle těchto předpisů odstranit vhodným způsobem po dohodě s odběratelem odlitku, a to zvláštními úpravami a nepředpokládanými výrobními postupy. (3)

3.3 Klasifikace vad odlitků

Ve společnosti Kdynium a.s. je používán interní třídník zmetků, který byl vytvořen s použitím kalatogu Vady přesných odlitků. Každá vada se označuje třemi číslicemi. První dvě pozice označují číslo vady a třetí určuje středisko, kde vada vznikla.

DRUH VADY		číslo vady	**1** vosk	**2** obalovna	**3** tavírna	**4** koncová
tvar	vady tvaru a povrchu	10	101	102	103	104
	nezaběhnutí	11		112	113	
	vyboulení	14	141	142		
rozměr	mechanické poškození	16			163	164
	špatný rozměr	17	171			174
	zaštípnutý vtok	19			193	194
špatný povrch	nevyhovující drsnost povrchu	20	201	202	203	204
	zavaleniny	22			223	
	zálupy	23		232		
	nárůsty	24		242		
	výronky	25		252		
	okujení, opálení	27				
	krupičky	28		282		
	dolíčky, kanálky	29		292	293	
trhliny, dutiny	praskliny	30	301		303	304
	bodliny	42		422	423	
	staženiny	43			433	
	řediny	44			443	
	netěsné	45			453	
	bubliny	46			463	
vměstky	struskovitost	51			513	
	zadrobeniny	52		522	523	
	popeloviny	53	531	532	533	
	broky	54			543	
vady materiálu	struktury	60			603	604
	chemické složení	71	711		713	
	mechanické vlastnosti	72			723	724

Tab. 1: Třídník zmetků *(5)*

3.4 Rozbor náročnosti

V podniku se jednou týdně schází zmetková komise. Na těchto schůzích se řeší různé problémy s kvalitou. V případě zvýšené zmetkovitostí komise vystavila požadavek vypracovat analýzu možné příčiny problému. Ještě před touto analýzou autorka práce zpracovala studii vlivu náročnosti vyráběných odlitků. V prvé řadě vyhodnotila průměrnou plánovanou zmetkovitost podle skutečně vyráběných dílců, a to za jednotlivé měsíce (prosinec 2015 až duben 2016). Z tohoto rozboru se zjistilo, že dílce s vyšší plánovanou zmetkovitostí nemají hlavní vliv na zvýšenou zmetkovitost v měsících březnu a dubnu roku 2016.

Období	Plánovaná průměrná zmetkovitost	Skutečná zmetkovitost
Prosinec 2015	7,91%	6,45%
Leden 2016	8,37%	7,81%
Únor 2016	9,84%	6,84%
Březen 2016	8,14%	10,05%
Duben 2016	8,67%	9,07%

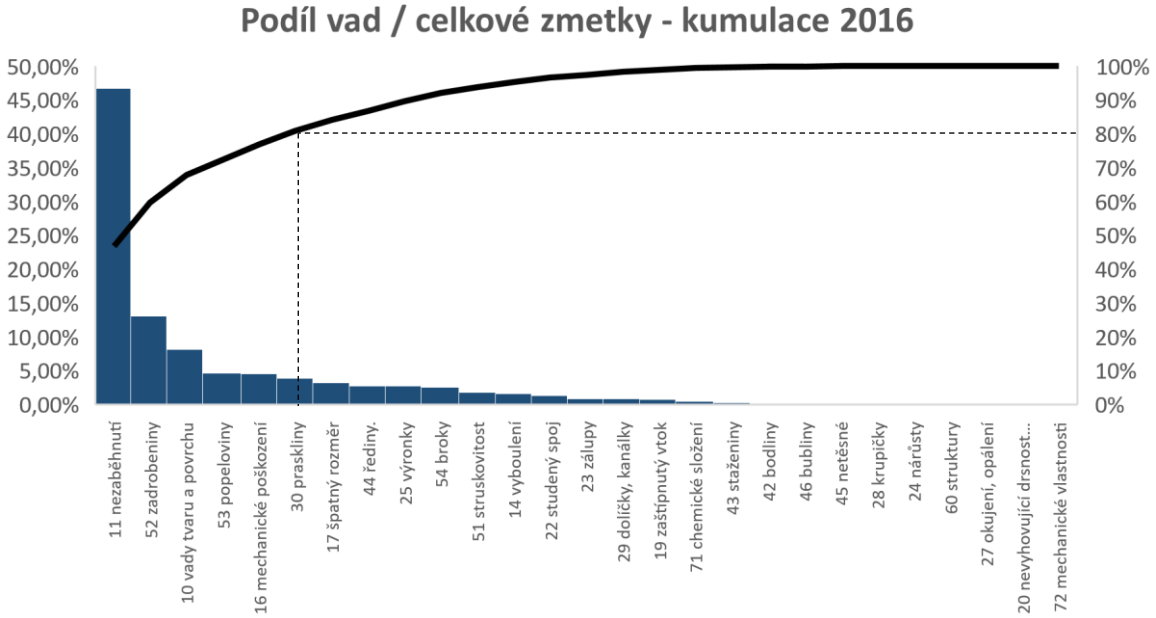
Tab. 2: Rozbor náročnosti

Z výše uvedené tabulky 2 vyplývá, že skladba dílců se výrazně neměnila. To potvrzuje i plánovaná zmetkovitost v jednotlivých měsících. Zmetková komise po tomto zjištění dala pokyn k nalezení příčin zvýšené zmetkovitosti jinde. A to pomocí již dříve zmíněného Ishikawova diagramu a Paretova diagramu.

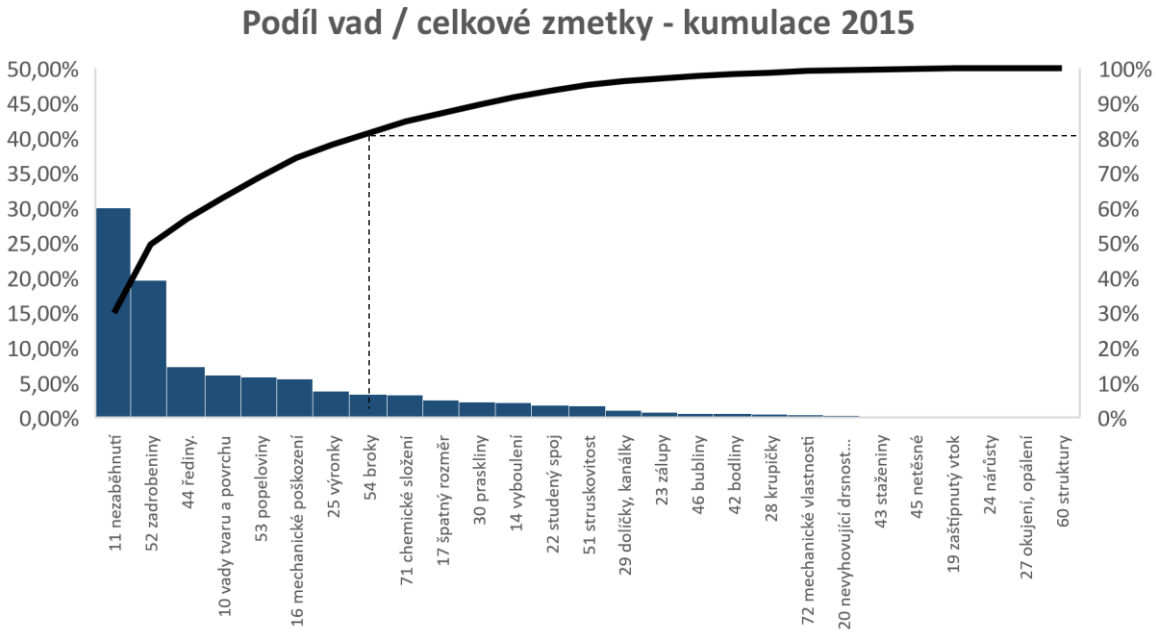
4 Analýza problému pomocí nástrojů řízení kvality

4.1 Paretův digram

Autor této práce ze shromážděných dat měsíců leden 2016 až duben 2016 sestrojil Paretův diagram 2016. Tento diagram vyjadřuje podíl vad na celkové zmetkovitosti. Největší podíl z celkové zmetkovitosti má **vada nezaběhnutí**, dále zadrobeniny, vady tvaru a povrchu, popeloviny, mechanické poškození a praskliny. Paretovým pravidlem bylo zjištěno, že tyto vady jsou „životně důležitou menšinou“.



Obr. 7: Paretův diagram 2016



Obr. 8: Paretův diagram 2015

Porovnáním Paretova diagramu 2015 a Paretova diagramu 2016 bylo zjištěno, že výskyt vady nezaběhnutí oproti roku 2015 se zvýšil o hodnotu 15%. Toto zjevné navýšení bylo podnětem k sestavení Ishikawova diagramu. K určení obecných příčin v Ishikavově diagramu byly využity informace z interního Katalogu vad firmy Kdynium a.s. Vady označené jako „životně důležitá menšina“ jsou popsány níže.

4.2 Životně důležitá menšina – popis vad

4.2.1 Katalog vad přesných odlitků

Katalog vad přesných odlitků obsahuje všechny vady z interního třídníku zmetků. Každá vada má svou skupinu, číslo vady, popis vady, příčiny vzniku vady a její odstranění. Tento dokument se postupně rozšiřuje o nové poznatky.

4.2.2 Vada nedolití, nezaběhnutí

Skupina vad: 1

Číslo vady: 11

Obr. 9: Nezaběhnutí

Popis vady: Neúplné vytvořené tvary odlitků způsobené nedostatečným vyplněním keramické formy kovem. (obr. 9)

Příčiny vzniku vady:

- špatně vypálený vosk
- nedostačující plynová propustnost keramické skořepinové formy
- nedokonale vypálená keramická skořepinová forma
- nízká teplota keramické skořepinové formy při odlévání
- nesprávná teplota kovu při lití (5)

4.2.3 Zadrobeniny

Skupina vad: 5

Číslo vady: 52

Obr. 10: Zadrobeniny

Popis vady: Otevřené (povrchové) nebo uzavřené (vnitřní) dutiny ve stěnách odlitků zcela nebo částečně vyplněné obalovacím materiálem keramické skořepinové formy nebo formovacím pískem. (obr. 10)

Příčiny vzniku vady:

- nedokonale připájené voskové modely ke vtokovým kůlům
- před vytavováním vosku z keramických forem nedostatečná doba pro dosoušení keramických skořepinových forem
- vniknutí písku nebo úlomků keramiky do dutiny keramické skořepinové formy
- neodborně provedená vyzdívka pece a pánve (5)

4.2.4 Vady tvaru a povrchu voskových modelů

Skupina vad: 1

Číslo vady: 10

Obr. 11: Vada tvaru a povrchu

Nejčastější vady:

- nepřípustné stopy po vyhazovačích nebo jádrech
- silný otřep v dělící rovině
- propadliny v místě materiálového uzlu
- chybějící část voskového modelu
- nevyhovující drsnost povrchu
- mechanické poškození
- deformované
- pokapané tekutým voskem

Příčiny vzniku vady:

- opotřebená, poškozená, znečistěná nebo špatně seřízená forma v bloku lisu
- nízká teplota formy nebo nízká teplota voskové směsi
- nesprávná manipulace s dílci
- nepozornost při montáži voskových modelů (5)

4.2.5 Popeloviny

Skupina vad: 5

Číslo vady: 53

Obr. 12: Popeloviny

Popis vady: Otevřené nebo uzavřené drobné nekovové částice v materiálu odlitku. (obr. 12)

Příčiny vzniku vady:

- vysoký podíl popelovin ve voskové hmotě
- znečištěná vsázka
- nedostatečná teplota roztaveného kovu
- nesprávný postup při tavení kovu (5)

4.2.6 Mechanické poškození

Skupina vad: 2

Číslo vady: 16

Obr. 13: Mechanické poškození

Popis vady: Porušení tvaru nebo rozměrů odlitku při mechanických operacích nebo při přepravě odlitků. (obr. 13)

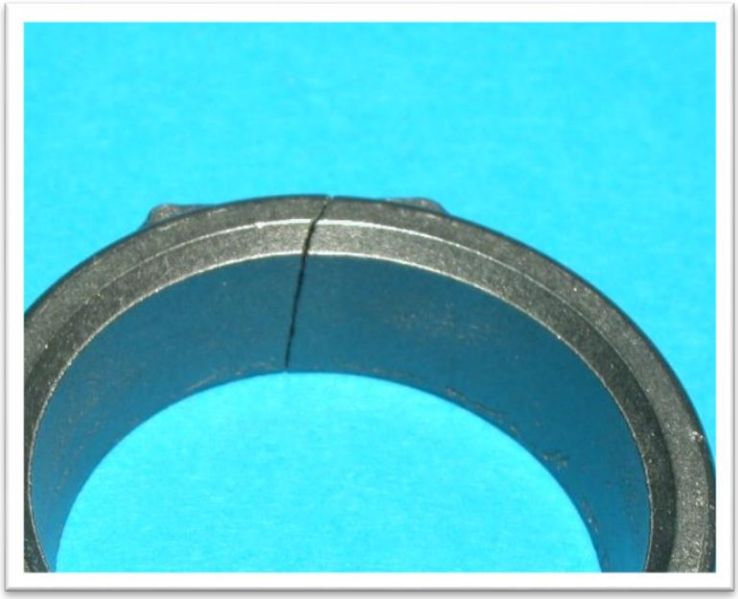
Příčiny vzniku vady:

- nesprávné (šikmé) upínání odlitých stromečků do vibrátorů
- nevhodné použití ručního nástroje
- neopatrné čištění, rovnání odlitků nebo neodborné zavaření vady
- neopatrná manipulace s odlitými stromečky a odlitky (5)

4.2.7 Praskliny

Skupina vad: 4

Číslo vady: 30



Obr. 14: Prasklina

Popis vady: Roztržení stěny odlitku vzniklé při nízkých teplotách. Prasklina má čistě zrnitý povrch nezoxidovaný někdy jen lehce zbarvený. (obr.14)

Příčiny vzniku vady:

- neúměrně dlouhé nebo intenzivní vibrování odlitků na vibrátorech vzhledem k vlastnostem použité slitiny
- nevhodný tepelný režim při tepelném zpracování (5)

4.3 Ishikawův diagram

Tým Zmetkové komise na popud výsledků z analýzy uskutečnil brainstorming, kde za součinnosti všech přítomných členů byl sestrojen diagram rybí kosti. Zmiňovaný diagram je uveden v příloze A.

Autorka této práce se zúčastnila tohoto brainstormingu.

V Ishikawově diagramu byly stanoveny následující hlavní možné příčiny:

- lidé
- prostředí
- stroj
- technologie
- materiál

K určení nejdůležitějších příčin byla použita metoda bodového hodnocení. Každý člen týmu přidělil podle svého uvážení příslušný počet bodů.

Bodová hodnocení měla tato kritéria:

- 1 bod-velmi nízká pravděpodobnost
- 2 body-nízká pravděpodobnost
- 3 body-průměrná pravděpodobnost
- 4 body-vyšší pravděpodobnost
- 5 bodů-nejvyšší pravděpodobnost

Vyhodnocení příčin:

- 18-25 bodů-závažné
- 11-17 bodů-méně závažné
- 5-10 bodů-zanedbatelné

Autorka práce sestavila následujících 5 tabulek a vyhodnotila příčiny z hlediska závažnosti.

MATERIÁL									
Příčina nižší úrovně I	**Příčina nižší úrovně II**	**Příčina nižší úrovně III**	**Příčina nižší úrovně IV**	**Tech.ředitel= vedoucí komise**	**Zástupce technologie-Tavírna**	**Zástupce technologie-Obalovna**	**Zástupce kvality**	**Zástupce výroby**	**Suma**
Záměna materiálu				1	1	1	1	1	5
Nevhodný materiál	Příprava mat. na vosku			1	2	1	1	1	6
	Znečištěná vsázka			1	3	1	2	1	8
	Nečistoty ve vosku			2	2	2	3	2	11
	Propustnost keramické formy	**Skladování vstupního materiálu**	**Uvolnění prachových částic**	4	5	4	5	5	**23**
			Venkovní teplota+ vlhkost	4	5	5	5	4	**23**
		2 dávky 1 dodavatel	**Podíl prachových částic**	4	5	4	3	4	**20**

Tab. 3: Vyhodnocení-materiál

V tab. 3 jsou závažné příčiny:

- uvolnění prachových částic
- venkovní teplota + vlhkost
- podíl prachových částic

PROSTŘEDÍ							
Příčina nižší úrovně I	**Příčina nižší úrovně II**	**Tech.ředitel =vedoucí komise**	**Zástupce technologie-Tavírna**	**Zástupce technologie-Obalovna**	**Zástupce kvality**	**Zástupce výroby**	**Suma**
Teplota	Teplota při výrobě vosku	2	1	1	2	1	7
	Teplota při obalování	2	3	2	1	1	9
Vlhkost	Při obalování	1	1	2	1	2	7
Prašnost	Písek	2	1	1	1	1	6

Tab. 4: Vyhodnocení-prostředí

V tab. 4 jsou jen zanedbatelné příčiny.

LIDÉ							
Příčina nižší úrovně I	**Příčina nižší úrovně II**	**Tech.ředitel= vedoucí komise**	**Zástupce technologie-Tavírna**	**Zástupce technologie-Obalovna**	**Zástupce kvality**	**Zástupce výroby**	**Suma**
Nepozornost	Pájení	2	3	3	2	2	**12**
	Čištění odlitků	1	2	3	3	1	**10**
	Při montáži	2	1	2	3	3	**11**
	Manipulace	2	1	2	2	4	**11**
Kvalifikace		2	1	1	2	1	**7**
Nedůslednost	Vyzdívka pece	2	2	2	2	2	**10**
	Teplota kovu	1	3	2	3	1	**10**
	Upínání stromečků	1	1	2	1	1	**6**
Nedodržení tech. postupu	Záměna technologie	3	2	2	3	1	**11**
	Použití ručních nástrojů	2	2	2	3	2	**11**
	Viskozita obal. směsi	3	3	5	3	4	**18**

Tab. 5: Vyhodnocení – lidé

V tab. 5 je jedna závažná příčina „viskozita obalovací směsi“. Dále se vyskytují v tabulce příčiny, které byly ohodnoceny jako méně závažné a zanedbatelné příčiny.

STROJE A VÝROBNÍ ZAŘÍZENÍ									
Příčina nižší úrovně I	**Příčina nižší úrovně II**	**Příčina nižší úrovně III**	**Příčina nižší úrovně IV**	**Tech.ředitel= vedoucí komise**	**Zástupce technologie-Tavírna**	**Zástupce technologie-Obalovna**	**Zástupce kvality**	**Zástupce výroby**	**Suma**
Nevhodně zvolený stroj				1	1	1	1	2	6
Údržba stroje				2	1	1	1	1	6
Seřízení výrobního zařízení	Parametry tavírna	Žíhací pec		3	3	2	1	2	11
		Vibrování odlitků		2	1	2	2	2	9
		Vyzdívka práce		3	2	4	2	1	12
		Tavící pec		3	3	3	2	1	9
	Parametry obalovna	Obalovací linka	Dosoušení	3	2	3	4	2	14
		Vytavování		2	2	1	2	1	8
	Parametry konečná	Tryskače		1	1	1	1	1	5
		Brusky		1	1	1	1	1	5
Špatně seřízený stroj	Parametry lisování	Nedodržený tlak lisu		2	1	2	2	1	8
		Teplota voskové směsi		3	2	1	2	2	10
		Poškozená forma		2	2	1	2	1	8
		Neseřízená forma		1	1	2	2	2	8
		Chlazení forem		1	1	1	1	1	5

Tab. 6: Vyhodnocení-stroje a výrobní zařízení

V tab. 6 jsou méně závažné a zanedbatelné příčiny.

TECHNOLOGIE							
Příčina nižší úrovně I	**Příčina nižší úrovně II**	**Tech.ředitel= vedoucí komise**	**Zástupce technologie-Tavírna**	**Zástupce technologie-Obalovna**	**Zástupce kvality**	**Zástupce výroby**	**Suma**
Nedodržení tech. postupu	Záměna technologie	2	2	1	2	1	8
	Tavení kovu	1	3	1	2	1	8
	Tepelný réžim	2	3	3	3	2	13
Nevhodně zvolená tech. výroby	Úmyslná záměna technologie	3	2	2	1	2	10

Tab. 7: Vyhodnocení-technologie

V tab. 7 jsou příčiny označeny jako méně závažné a zanedbatelné.

4.4 Závažné příčiny

Nejvíce bodů získaly následují příčiny. (tab. 8)

Vyhodnocení	
Bodové hodnocení	Příčiny
23	Uvolnění prachových částic
23	Venkovní teplota+ vlhkost
20	Podíl prachových částic
18	Viskozita obalovací směsi

Tab. 8: Závažné příčiny

Uvolnění prachových částic

V důsledku uvolnění prachových částic dochází ke zvýšení podílu prachových částic v pískových směsích. Možná příčina uvolnění prachových částic by mohla být poškození dodávky při převozu v cisterně nebo při transportu pískové směsi z potrubí cisterny do sila.

Venkovní teplota + okolní vlhkost

Při zvýšené vlhkosti s velkou pravděpodobností dochází k přilnutí jemných prachových částic na stěny sila. Při změně teploty může dojít k uvolnění přilnutého materiálu, který způsobí vyšší obsah jemných částic v používané pískové směsi.

Podíl prachových částic

Zvýšený podíl prachových částic způsobuje snížení prodyšnosti keramické formy a nedochází k optimálnímu odvodu plynů. To má za následek nedokonalé vyplnění keramické formy odlévaným kovem.

Pískové směsi jsou od dodavatele dováženy cisternou a následně skladovány v silech. Jedna dávka vydrží na 3 měsíce.

Nedodržení viskozity obalovací směsi

Viskozita obalovací směsi se kontroluje pomocí Fordova pohárku s otvorem 6 mm.

Pro obalovací směsi je předepsána určitá viskozita. Při vyšší viskozitě má obalovací směs hustější konzistenci. To zapříčiní, že jsou stěny formy silnější, což má za následek snížení prodyšnosti formy. Opakem je nižší viskozita, při které je stěna slabší a zvyšuje se riziko prasknutí keramické formy.

Výše uvedené příčiny způsobí sníženou plynovou propustnost a tím nedokonalé odvádění plynů z keramické formy při odlévání. Zvyšuje se riziko výskytu vady nezaběhnutí.

4.5 Méně závažné příčiny

V následují tabulce (tab. 9) jsou vypsány méně závažné příčiny.

Vyhodnocení	
Bodové hodnocení	Méně závažné
14	Dosoušení
13	Tepelný režim
12	Připájení dílců
12	Vyzdívka pece
11	Žíhací pec
11	Nečistoty ve vosku
11	Manipulace
11	Čištění odlitků
11	Použití nevhodných ručních nástrojů

Tab. 9: Méně závažné příčiny

Dosoušení keramických skořepin

Nedodržená doba dosoušení může být příčinou vzniku vady tvaru a povrchu. Např. popraskání obalu keramické formy, vytečení odlévaného kovu ze stromečku při odlévání. Případné úlomky popraskané skořepiny mohou způsobit vadu zadrobeniny.

Tepelný režim

Nedodržený tepelný režim při vytavování skořepin může zapříčinit špatné vytavení vosku a následně zvýšit riziko výskytu vady nezaběhnutí. Následek je takový, že se vytvoří větší množství plynů z nespalitelných částí vosku (popelovin), které při odlévání nestačí uniknout přes skořepinu do okolí.

Nižší teplota při odlévání do forem může zvýšit výskyt vady nezaběhnutí.

Nesprávně zvolený tepelný režim při tepalném zpracování může zapříčinit vadu prasklina. Nedodržený tepelný režim při odlévání může způsobit trhliny v odlitku. Může se to stát u materiálů náchylných k trhlinám (chemické složení) a při chladnutí po odlití.

Připájení dílců ke vtokové soustavě

Nesprávně připájený dílec ke vtokové soustavě je takový dílec, který není připájen celou plochou vtoku. To má za následek vznik mezery pod vtokem a dochází tak k podtečení

obalovací směsi. Následuje odlomení tenké vrstvy skořepiny při odlévání. To může způsobit výskyt vady zadrobeniny.

Při pájení dílců na vtokovou soustavu může dojít k poškození okolních dílců, a to pokapáním dílců roztaveným voskem na místech, kde to nelze začistit. Vzniká tím vada tvaru a povrchu.

Vyzdívka pece a pánve
Kvalita vyzdívky pece a pánve má vliv na vznik povrchových vad odlitků (zadrobeniny, vměstky). Určujícím parametrem je kvalita vyzdívkových materiálů a jejich odolnosti vůči opotřebení. Dalším parametrem je také správné vyzdění pece.

Žíhací pec
Nedodržením parametrů při vypalování skořepin může dojít k neprožíhání skořepiny. Tím se sníží pevnost skořepiny a může dojít k nezaběhnutí kovu. Nedodržení parametrů může také způsobit vadu zadrobeniny a vytečení kovu.

Nečistoty ve vosku
Vosková modelová hmota obsahuje určité množství nespalitelných částic, které při odlévání mohou způsobit vznik vady popeloviny. Tyto částice nejdou zcela odstranit. Limit je stanoven hodnotou 0,7 % hmotnostního podílu.

Manipulace s dílci při výrobním procesu

Pracoviště voskových modelů: Při nesprávné manipulaci může dojít k ulomení části dílce, poškrábání dílce nebo jinou deformaci, která není na první pohled znatelná.

Pracoviště odstraňování keramiky: Možnost špatného upnutí odlitých stromečků do vibrátoru.

Ostatní pracoviště: Neopatrná manipulace se stromečky nebo dílci při všech následných výrobních operacích. .

Čištění odlitků, rovnání odlitků, použití nevhodných nástrojů

Při třídění dílců jsou rozděleny dílce na zmetky a vyhovující. Zmetky jsou dílce určené k opravě zavařením nebo čištěním (apretace). Při apretaci může dojít k neodborné opravě, např. použitím nevhodných nástrojů a tím poškození odlitků.

Pokud je v technologickém postupu předepsané rovnání odlitků může i při této operaci dojít k obdobným problémům jako při apretaci.

4.6 Zanedbatelné příčiny

Příčiny, které byly hodnoceny hodnotami nižšími než jedenáct, jsou označovány jako zanedbatelné, a proto nejsou podnětem k dalšímu rozboru.

5 Návrhy řešení a realizace

Po vyhodnocení Ishikawova diagramu byl uskutečněn brainstorming, kde byly předkládány návrhy řešení vad. Cílem brainstormingu bylo nalezení nápravných opatření.

5.1 Návrhy a řešení vady nezaběhnutí

Z předložených návrhů řešení vad byly vybrány následující:

- porovnání dvou dávek dodaných pískových směsí na podíl prachových částic
- změna dodavatele pískových směsí
- kontrola výrobních záznamů v době zvýšené zmetkovitosti

Porovnání dvou dávek dodaných pískových směsí na podíl prachových částic

Nejdříve byly překontrolovány certifikáty z obou dodávek. Ze zjištěných hodnot vyplynulo, že nebyly podstatné rozdíly mezi těmito dávkami. Dále byly překontrolovány odložené vzorky z jednotlivých dávek. Jeden vzorek byl odebrán v době nižší zmetkovitosti a druhý v období zvýšené zmetkovitosti. Nebyl zjištěn vyšší rozdíl mezi dvěma dávkami, ale podíl prachových částic se pohyboval na horní hranici tolerance. Toto zjištění se stalo podnětem k následnému návrhu.

Změna dodavatele pískových směsí

U nové dávky byl proveden kontrolní rozbor, a to formou kontroly certifikátů a následného prověření podílu jednotlivých složek. Z výsledných hodnot bylo zjištěno, že v pískové směsi se nacházel menší podíl prachových částic než u předešlých dávek. Nová dávka byla uložena opět do sila, a to i s možným rizikem pozůstatku přilnutých prachových částic na zdech sila. S vědomím rizika byl proveden rozbor směsi po dopravě materiálu ze sila na pracoviště, a to po dobu jednoho měsíce. Výsledkem bylo zjištění zvýšení podílu prachových částic oproti původnímu rozboru.

Kontrola výrobních záznamů v době zvýšené zmetkovitosti

V období zvýšené zmetkovitosti byla provedena kontrola výrobních záznamů, zda je splněna předepsaná viskozita obalovacích směsí. Nebyl nalezen žádný důkaz o případných odchylkách. Pro potvrzení správnosti údajů byla zavedena dvoufázová kontrola těchto hodnot přímo ve výrobě, a to po dobu dvou měsíců.

V průběhu dvouměsíční výroby byly prověřeny i méně závažné příčiny, které mohly mít také vliv na vadu nezaběhnutí. Provedli se následující opatření:

- kontrola vytavení vosku z keramických forem
- kontrola teplot v žíhacích pecích
- kontrola odlévacích teplot na tavírně

Kontrola vytavení vosku z keramických forem

K vytavení vosku jsou používány tzv. bojlerklávy. K dispozici jsou tři tato zařízení. Byla navržena kontrola těchto zařízení a byla nalezena menší technická vada u jednoho bojlerklávu.

Kontrola vytaveného vosku byla provedena tak, že se rozřízla keramická skořepina po vytavení. Tento proces se provedl u každého zařízení a byl zjištěn vyšší obsah nevytaveného vosku právě v poškozeném bojlerklávu. Proto byla provedena technologická zkouška u jedné z vyráběných pozic(dílců). Podstatou této zkoušky bylo, že se vyráběná pozice vytavila v technicky

nezávadném bojlerklávu a totéž se provedlo v poškozeném zařízení. Po vyhodnocení nebyl nalezen podstatný rozdíl ve zmetkovitosti obou částí zkoušky z hlediska nezaběhnutí.

Kontrola teplot v žíhacích pecích

V záznamech teplot v době zvýšené zmetkovitosti nebyl nalezen údaj mimo toleranci. Dále byla ověřena správnost zařízení pomocí pyrometrů. Pyrometrem byla změřena skutečná teplota v jednotlivých sekcích žíhací pece.

Kontrola odlévacích teplot na tavírně

Jako v předešlém případě byly prověřeny záznamy teplot jednotlivých taveb v problematickém období. Zároveň byla provedena zkouška měřících sond, jejich správnost snímání a záznamu teplot. Nebyly zde nalezeny neshody.

5.2 Návrh a řešení vady zadrobeniny

Z předložených návrhů byla vybrána následující nápravná opatření.

- kontrola připájených dílců ke vtokové soustavě
- kontrola dodržení nastavené doby dosoušení keramických skořepin
- kontrola dodržování pracovního postupu
- kontrola vyzdívky pece a pánve

Kontrola připájených dílců ke vtokové soustavě

Vzhledem k tomu, že nelze přesně zpětně určit, zda byly dodrženy zásady správného připájení dílců ke vtokové soustavě, byla zmetkovou komisí provedena namátková vizuální kontrola na právě vyráběných dílcích na dílně voskových modelů. Na cca třiceti hotových vtokových soustavách bylo nalezeno sedm kusů nesprávně připájených dílců z celkového počtu 360 kusů, což je 1,9 %.

Připájení dílců bylo opraveno, pracovníci této technologické operace byli opětovně proškoleni a poučení o důležitosti správného provedení operace.

Kontrola dodržení nastavené doby dosoušení keramických skořepin

Byly prověřeny záznamy doby dosoušení v období zvýšené zmetkovitosti. Nebyla nalezena žádná odchylka od předepsaných hodnot.

Kontrola dodržování pracovního postupu

Při skladování či při manipulaci s vyrobenými keramickými skořepinami může dojít ke vniknutí písku nebo úlomku keramiky do dutiny skořepinové formy.

K zamezení vniknutí je předepsáno zakrývání hrdel skořepin papírovým ubrouskem. Což u právě skladovaných skořepin bylo zkontrolováno a bylo dodrženo.

Kontrola vyzdívky pece a pánve

Byla předepsána namátková kontrola tavicí a vypalovací pece. Kontrola se týká dodržování postupů při zhotovení pecí a stavu vyzdívky.

5.3 Návrh a řešení vady tvaru a povrchu

Z předložených návrhů byla vybrána následující nápravná opatření.

- proškolení o správné manipulaci s dílci
- proškolení o nepozornosti při montáži voskových modelů

Proškolení o správné manipulaci s dílci

Nápravné opatření bylo zvoleno proškolení pracovníku o důležitosti a správnosti manipulace s dílci.

Proškolení o nepozornosti při montáži voskových modelů

Vzniká při pájení dílců ke vtokové soustavě a nedá se zpětně zjistit rozsah poškození. Proto na třiceti vtokových soustavách byla zaměřena vizuální kontrola na rozsah možného poškození tvaru a povrchu dílce. Pájkou nebyl poškozen ani jeden dílec, 3 dílce byly pokapány voskem. Jako nápravné opatření bylo provedeno proškolení pracovníků.

5.4 Návrh a řešení vady popeloviny

Z předložených návrhů byla vybrána následující nápravná opatření:

- kontrolní rozbor na vysoký podíl popelovin ve voskové hmotě.
- kontrola správnosti postupu při tavení kovu.

Kontrolní rozbor na vysoký podíl popelovin ve voskové hmotě

Každý týden je prováděn kontrolní rozbor voskové hmoty, jehož součástí je i kontrola obsahu nespalitelných částic (popelovin). Kontrolou záznamů nebyl zjištěn nárůst hmotnostního podílu popelovin, hodnoty byly pod předepsaným limitem. Nebylo předepsáno nápravné opatření.

Kontrola správnosti postupu při tavení kovu

Byla navržena namátková kontrola, zda je dodržována metalurgie tavení a odlévání kovu. Nebyla nalezena neshoda.

5.5 Návrh a řešení vady mechanické poškození

Vzhledem k tomu, že nelze zpětně určit rozsah a důvod poškození v uváděném období, byly příslušní zaměstnanci opětovně proškoleni o důležitosti opatrného zacházení s výrobky, o dodržování technologického postupu, a o dodržování případných dalších pracovních instrukcí, kde je popsané použití vhodných nástrojů.

Byla zvýšena mezioperační kontrola na těchto pracovištích ze strany mistrů a technické kontroly.

5.6 Návrh a řešení vady praskliny(trhliny)

Nesprávně zvolený tepelný režim při tepelném zpracování může zapříčinit vadu prasklina. Tato operace se provádí v kooperaci. V případě zjištění této vady zaviněné v kooperaci je nutno ihned informovat dodavatele tepelného zpracování a vzniklou situaci řešit s dodavatelem.

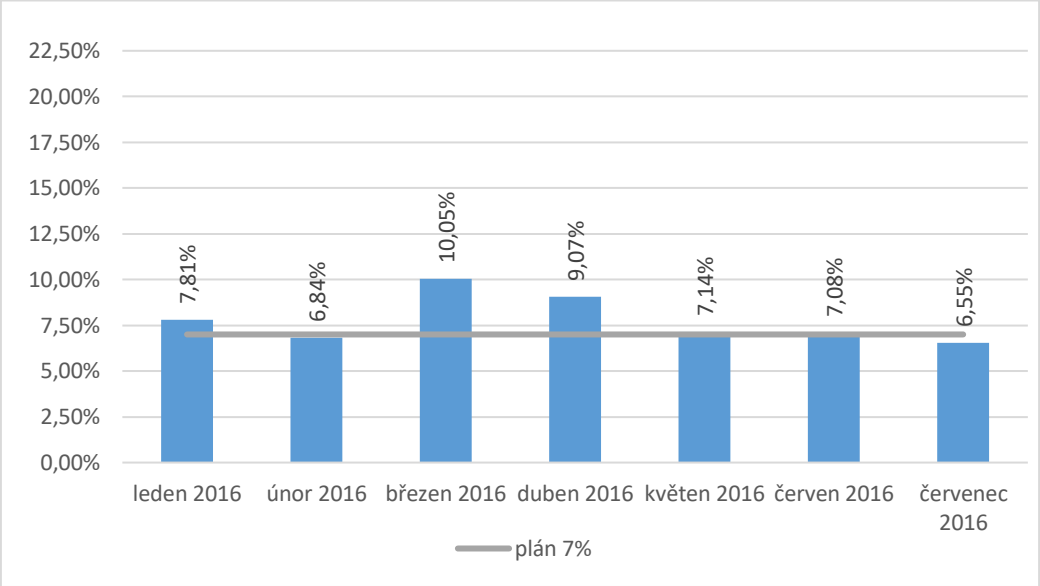
Prasklina může také vzniknout při vibrování odlitků. Vzhledem k tomu, že při vyhodnocení příčin je tato možnost uvedena mezi nedůležitými, nebudeme uvažovat o nápravném opatření.

Vznik prasklin (trhlin) při nedodržení tepelného režimu při odlévání je také možný. Za uvedené období byly zkontrolovány záznamy teplot při tavení a odlévání. Nebyla zjištěna žádná

podstatná neshoda. Pro další období byla nařízena namátková kontrola uvedených teplot mistrem pracoviště.

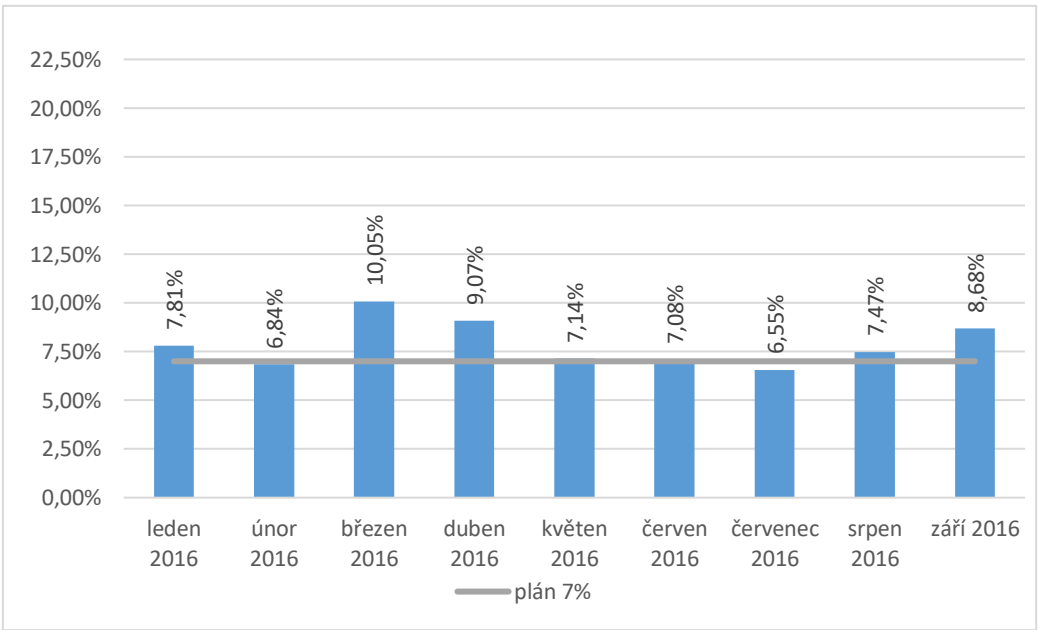
5.7 Průběžné vyhodnocení

Po uplynutí dvou měsíců (květen, červen), ve kterých byly prováděny stanovené kontroly, byla vyhodnocena zmetkovitost za uvedená období. K těmto měsícům byl i přidělen měsíc červenec, a to z důvodu 14-ti denní celozávodní dovolené.



Obr. 15: Graf-Zmetkovitost do července 2016

Z grafu (obr.15) je zřejmé, že došlo ke snížení zmetkovitosti až pod hodnotu průměrné plánové zmetkovitosti. Následovalo další ověření do měsíce září.



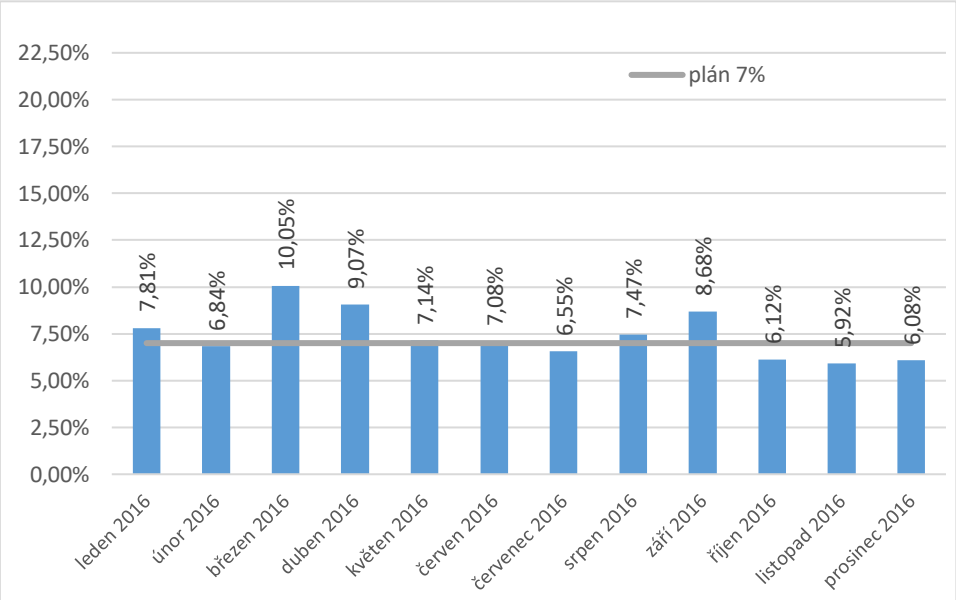
Obr. 16: Graf-Zmetkovitost do září 2016

Z následujícího ověření bylo vyhodnoceno, že opět dochází k nárůstu zmetkovitosti i přes zavedená nápravná opatření (obr.16). Ze záznamů bylo zjištěno, že znovu došlo ke zvýšení vady nezaběhnutí, a proto bylo stanoveno další nové nápravné opatření.

5.8 Nové nápravné opatření

Pískové směsi, které jsou skladovány v silech, byly odstaveny od výroby a byly nahrazeny pytlovanými pískovými směsi.

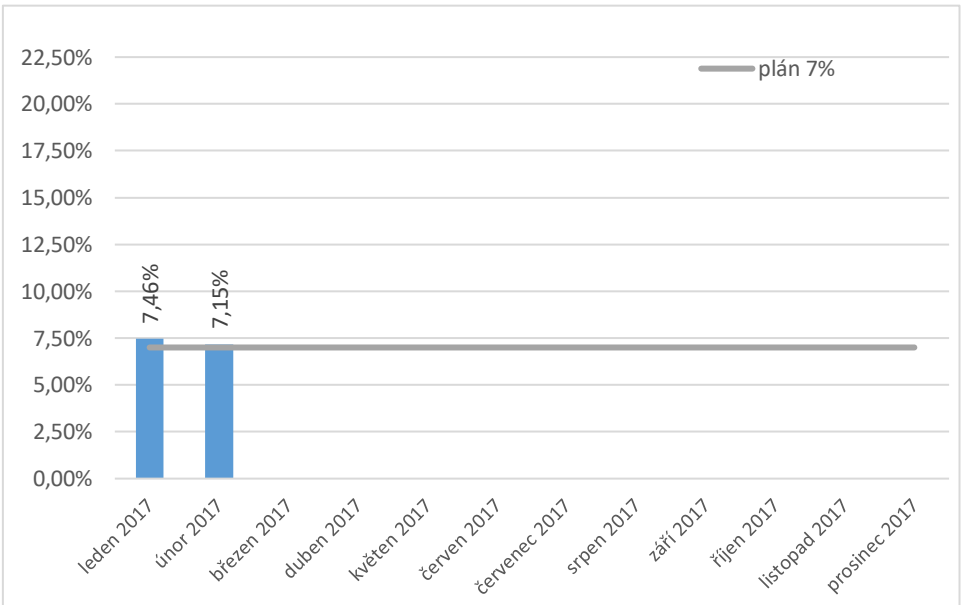
V průběhu měsíců říjen až prosinec byly zavedeny do výroby pytlované pískové směsi spolu s předešlými nápravnými opatřeními.



Obr. 17: Graf-Zmetkovitost do prosince 2016

Po vyhodnocení zmetkovitosti za tyto tři měsíce je patrné snížení zmetkovitosti. (obr.17) Podařilo se dosáhnout nižší hodnoty (5,92%) než byla plánovaná průměrná měsíční celková zmetkovitost 7%, což se samozřejmě může v dalších obdobích měnit.

V roce 2017 bylo dosaženo zmetkovitosti kolem 7% a stanovená nápravná opatření byla vyhodnocena jako účinná.



Obr. 18: Graf-Zmetkovitost do února 2017

6 Zhodnocení a závěr

6.1 Zhodnocení

Z jednotlivých kroků uvedených v kapitole 5 vyplývá, že byla správně určena příčina „vyšší podíl prachových částic v pískových směsích“, jež měla největší vliv na zvýšenou zmetkovitost. Proto bylo rozhodnuto, že se nebude nakupovat písek v cisternách a bude se používat pytlovaný písek. Ačkoli je toto řešení složitější a ekonomicky náročnější (skladování, doprava), tak se toto nápravné opatření na úkor vzrůstu nákladů vyplatí v delším časovém období. Dosáhne se snížení nákladů na reklamacích a opravách vyráběných dílců. Informace o finanční situaci byly poskytnuty firmou pouze k nahlédnutí. Firma Kdynium a.s neumožnila tyto informace uvést v této práci.

Zároveň se bude hledat řešení, jak odstranit prachové částice z uskladněných písků v silech. Nevyužití těchto písků by bylo neúsporné. Pokud řešení bude úspěšné, v dalších obdobích bude úplně zpracován i tento uskladněný písek. Následně bude provedeno vyčištění skladovacích sil. K tomu bude dohledána odborná firma. Také bude hledáno řešení jiné dopravy a distribuce původně pytlovaných písků tak, aby došlo ke snížení ekonomické náročnosti nového řešení.

6.2 Závěr

V této bakalářské práci bylo cílem nalézt příčiny, které ve společnosti Kdynium a.s. zvýšily zmetkovitost v měsících března a dubna v roce 2016. V první části bylo uvedeno seznámení se společností Kdynium a.s. s následným zhodnocením kvality a rozboru náročnosti vyráběných odlitků. Po této studii byla provedena analýza příčin zvýšené zmetkovitosti, a to pomocí Paretova diagramu a Ishikawova diagramu. Byly vyhodnoceny hlavní příčiny a k nim byly navrženy nápravná opatření. Tyto opatření byly uvedeny do praxe a následně bylo provedeno průběžné vyhodnocení účinnosti těchto opatření. Po zavedení nápravných opatření do provozu se snížila zmetkovitost až na hodnoty blížící se plánované zmetkovitosti ve společnosti. Po tomto zjištění se nápravná opatření označila jako účinná. Cíle práce, které jsou zmíněny v úvodu bakalářské práce byly splněny.

7 Citovaná literatura

1. **Horálek, Vratislav.** *Jednoduché nástroje řízení jakosti I.* Praha : Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004.

2. **Lorenc, Miroslav.** [Online] [Citace: 7. listopad 2016.] http://lorenc.info/3MA112/paretova-analyza.htm.

3. **Levíček, Petr.** *Metalurgické vady ocelových odlitků.* Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1984.

4. **Chaloupka, Ing. Jiří.** Ing. Jiří Chaloupka konzultant kvality. [Online] [Citace: 5. Listopad 2016.] http://www.chaloupka-kvalita.cz/ishikawuv-diagram.

5. **Mačuda, Jan.** *Vady odlitků vyráběných metodou vytavitelných modelů* Kdyně : Interní dokument firmy Kdynium a.s, 2002.

8 Seznam obrázků

OBR. 1: PARETŮV DIAGRAM 3
OBR. 2: ISHIKAWŮV DIAGRAM 6
OBR. 3: GRAF KUMULATIVNÍ ZMETKOVITOSTI-ÚNOR 2016 7
OBR. 4: GRAF ZMETKOVITOSTI-ÚNOR 2016 7
OBR. 5: GRAF KUMULATIVNÍ ZMETKOVITOSTI-DUBEN 2016 8
OBR. 6: GRAF ZMETKOVITOSTI-DUBEN 2016 8
OBR. 7: PARETŮV DIAGRAM 2016 12
OBR. 8: PARETŮV DIAGRAM 2015 12
OBR. 9: NEZABĚHNUTÍ 13
OBR. 10: ZADROBENINY 14
OBR. 11: VADA TVARU A POVRCHU 15
OBR. 12: POPELOVINY 16
OBR. 13: MECHANICKÉ POŠKOZENÍ 16
OBR. 14: PRASKLINA 17
OBR. 15: GRAF-ZMETKOVITOST DO ČERVENCE 2016 28
OBR. 16: GRAF-ZMETKOVITOST DO ZÁŘÍ 2016 28
OBR. 17: GRAF-ZMETKOVITOST DO PROSINCE 2016 29
OBR. 18: GRAF-ZMETKOVITOST DO ÚNORA 2017 29

9 Seznam tabulek

TAB. 1: TŘÍDNÍK ZMETKŮ 10
TAB. 2: ROZBOR NÁROČNOSTI 11
TAB. 3: VYHODNOCENÍ-MATERIÁL 19
TAB. 4: VYHODNOCENÍ-PROSTŘEDÍ 19
TAB. 5: VYHODNOCENÍ-LIDÉ 20
TAB. 6: VYHODNOCENÍ-STROJE A VÝROBNÍ ZAŘÍZENÍ 21
TAB. 7: VYHODNOCENÍ-TECHNOLOGIE 22
TAB. 8: ZÁVAŽNÉ PŘÍČINY 22
TAB. 9: MÉNĚ ZÁVAŽNÉ PŘÍČINY 23