

**VYSOKÁ ŠKOLA POLYTECHNICKÁ JIHLAVA**

Katedra ekonomických studií

**Řízení kvality ve výrobním procesu PH dílů**

bakalářská práce

Autor práce: Petra Burešová

Vedoucí práce: Ing. Petr Tyráček, Ph.D., MBA

Jihlava 2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autor práce:      | <b>Petra Burešová</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Studijní program: | Ekonomika a management                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Obor:             | Finance a řízení                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Název práce:      | <b>Řízení kvality ve výrobním procesu PH dílů.</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Cíl práce:        | Technicko - ekonomický rozbor konkrétních neshod na zadaném produktu. Pro zjištění příčin neshod a návrhů nápravných a případných preventivních opatření využít metodik pro řízení kvality v předvýrobních etapách, jako DOE (Design of Experiments), Ishikawův diagram, Paretovu analýzu a podobně. |



**Ing. Petr Tyráček, Ph.D., MBA**  
vedoucí bakalářské práce



**Ing. Martina Kuncová, Ph.D.**  
vedoucí katedry  
Katedra ekonomických studií

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá řešením problému, které souvisí se zákaznickými požadavky na předepsané testy. Teoretická část popisuje metody, které byly použity pro zjištění možných příčin tohoto problému, v praktické části jsou pak tyto metody aplikovány na stávající proces, který byl na počátku sériové výroby dílů nastaven. Jedná se o proces lisování plastových dílů a ultrazvukového svařování a s těmito kroky spojené zkoušky tlakové a testy těsnosti.

## **Klíčová slova**

Lisování plastových dílů, ultrazvukové svařování, vlhkost, plastový granulát, tlaková zkouška

## **Abstract**

This thesis is focused on solving the problem, which is connected with the customer requirements for the requested tests. Theoretical part describes the methods, which were used for identification of possible problem cause in the practical part are these methods applicable for the current process, which was set up at the beginning of the serial production. This is the process of the molding and ultrasonic welding and with these steps the burst pressure test and leakage test connected.

## **Key words**

Plastic molding, ultrasonic welding, humidity, plastic resin, burst pressure test

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, v platném znění, dále též „AZ“).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v knihovně VŠPJ a s jejím užitím k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě VŠPJ.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje **AZ**, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že VŠPJ má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom/a toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠPJ, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených vysokou školou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše), z výdělku dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence.

V Jihlavě dne 29. dubna 2018

.....  
Podpis studenta/ky

## **Poděkování**

*Mé poděkování patří Ing. Petru Tyráčkovi, Ph.D. MBA za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování této práce věnoval, dále pak panu Václavu Bártovi za cenné rady a odbornou konzultaci a mému manželovi za jeho velkou podporu a trpělivost.*

## Obsah

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Seznam obrázků .....                                             | 8  |
| Úvod.....                                                        | 9  |
| Cíl práce .....                                                  | 11 |
| 1 Teoretické vysvětlení metod .....                              | 12 |
| 1.1 Zpracování plastů .....                                      | 12 |
| 1.2 Ultrazvukové svařování .....                                 | 15 |
| 1.3 Diagram příčin a následků .....                              | 15 |
| 1.4 FMEA.....                                                    | 15 |
| 1.4.1 Historie FMEA .....                                        | 15 |
| 1.4.2 Vypracování FMEA.....                                      | 16 |
| 1.5 DOE.....                                                     | 17 |
| 2 Výzkumná část (praktická část) .....                           | 18 |
| 2.1 Schéma materiálového toku .....                              | 18 |
| 2.2 Popis lisování .....                                         | 20 |
| 2.3 Popis měření.....                                            | 20 |
| 2.4 Popis postupu ultrazvukového svařování.....                  | 21 |
| 2.5 Popis provedení přetlakové destrukční zkoušky .....          | 22 |
| 2.5.1 Postup provedení přetlakové destrukční zkoušky.....        | 23 |
| 2.6 Náklady na interní nekvalitu .....                           | 23 |
| 2.6.1 Grafický přehled vztahu nákladů na neshodné díly.....      | 25 |
| 2.6.2 Grafický přehled zmetkovitosti všech procesních kroků..... | 26 |
| 2.6.3 Grafické vyjádření závislostí .....                        | 27 |
| 2.7 Diagram příčin a následků .....                              | 29 |
| 2.7.1 Člověk.....                                                | 30 |
| 2.7.2 Stroj.....                                                 | 30 |
| 2.7.3 Materiál.....                                              | 31 |
| 2.7.4 Měření.....                                                | 32 |
| 2.7.5 Prostředí .....                                            | 33 |
| 2.7.6 Metoda .....                                               | 33 |
| 2.8 DOE.....                                                     | 33 |
| 2.8.1 Vliv času na testování dílu.....                           | 33 |
| 2.8.2 Vliv vlhkosti .....                                        | 37 |
| 2.8.3 Testování jiného materiálu.....                            | 37 |
| Návrh řešení a doporučení pro praxi.....                         | 41 |
| Závěr .....                                                      | 44 |

|   |                          |    |
|---|--------------------------|----|
| 3 | Citovaná literatura..... | 45 |
|---|--------------------------|----|

## Seznam obrázků

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1 - Proces flow chart (interní dokumentace) .....                     | 19 |
| Obrázek 2 - Přístroj pro přetlakovou destrukční zkoušku .....                 | 22 |
| Obrázek 3 - Specifikace přetlakové destrukční zkoušky (výkres zákazníka)..... | 32 |
| Obrázek 4 - Návrh testu (zákazník) .....                                      | 34 |
| Obrázek 5 - měření: spodní díl, materiál 1 (vlastní měření) .....             | 38 |
| Obrázek 6 - měření: vrchní díl, materiál 1 (vlastní měření) .....             | 38 |
| Obrázek 7 - měření, spodní díl, materiál 2 (vlastní měření) .....             | 39 |
| Obrázek 8 - měření, vrchní díl, materiál 2 (vlastní měření) .....             | 39 |
| Obrázek 9 - měření, spodní díl, materiál 3 (vlastní měření) .....             | 40 |
| Obrázek 10 - měření, vrchní díl, materiál 3 (vlastní měření) .....            | 40 |

## Seznam tabulek

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1 - ultrazvukové svaření, nekvalita, zdroj: ERP systém .....                             | 23 |
| Tabulka 2 - test těsnosti, nekvalita, zdroj: ERP systém.....                                     | 24 |
| Tabulka 3 - finální výrobek, nekvalita, zdroj: ERP systém .....                                  | 24 |
| Tabulka 4 - korelace zmetkovitosti a nákladů .....                                               | 29 |
| Tabulka 5 - Vlhkost dílu v závislosti na čase (vlastní měření) .....                             | 31 |
| Tabulka 6 - PH materiály a jejich vhodnost při použití svařování (Herman Ultrazvuk s.r.o.) ..... | 32 |
| Tabulka 7 - skupina č. 1 (vlastní měření) .....                                                  | 35 |
| Tabulka 8 - skupina č. 2 (vlastní měření) .....                                                  | 35 |
| Tabulka 9 – skupina č. 3 (vlastní měření).....                                                   | 36 |
| Tabulka 10 - skupina č. 4 (vlastní měření) .....                                                 | 36 |
| Tabulka 11 - vliv vlhkosti na hotovém díle (vlastní měření).....                                 | 37 |

## Seznam grafů

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Graf 1 - ultrazvuk, zmetkovitost + náklady na nekvalitu, zdroj: ERP systém.....                     | 25 |
| Graf 2 - těsnost, zmetkovitost + náklady na nekvalitu, zdroj: ERP systém.....                       | 25 |
| Graf 3 - finální výrobek, zmetkovitost + náklady na nekvalitu, zdroj: ERP systém .....              | 26 |
| Graf 4 - zmetkovitost všech kroků, zdroj: ERP systém .....                                          | 26 |
| Graf 5 - závislost zmetkovitosti, finální výrobek / ultrazvukové svařování, zdroj: ERP systém ..... | 27 |
| Graf 6 - závislost zmetkovitosti, finální výrobek / těsnost, zdroj: ERP systém .....                | 27 |
| Graf 7 - závislost zmetkovitosti, těsnost / ultrazvukové svařování, zdroj: ERP systém.....          | 28 |
| Graf 8 - závislost nákladů, těsnost / ultrazvukové svařování, zdroj: ERP systém.....                | 28 |
| Graf 9 - závislost nákladů, finální produkt / ultrazvukové svařování, zdroj: ERP systém .....       | 29 |

## Úvod

Téma této bakalářské práce jsem si zvolila především z důvodu toho, že se bezprostředně týká mé pracovní pozice a taktéž souvisí i s mým zájmem o řešení problémů v již nastavených procesech.

Pracuji jako ředitelka kvality ve výrobním podniku, který se zabývá lisováním plastů. Z důvodu citlivosti jistých údajů mne bohužel nepřísluší jmenovat jak firmu, tak i zákazníka, kterého se řešený díl týká a další podrobnosti přímo o díle, které by mohli narušit plnění smlouvy o mlčenlivosti, která je z mé strany podepsaná jak se zákazníkem, tak i s mým zaměstnavatelem.

V této bakalářské práci se budu věnovat problému, který se v naší firmě vyskytnul v souvislosti s problémem projektu, který byl tou dobou na svém počátku a očividně nebyl v rámci své vývojové fáze dostatečně prozkoumán a veden.

Tento problém se projevil formou reklamace od zákazníka, která nám byla oznámena v polovině minulého roku a od té doby se tomuto tématu intenzivně věnujeme jak na oddělení kvality, tak i ve výrobě s celým týmem technologů, nástrojařů a dalších výrobních pracovníků.

Touto prací bych ráda popsala současný, stávající proces a dále pak testy, které je nutné pro větší přehled a pochopení stávajícího výrobního procesu a výrobku, provést za pomoci jistých výrobních a kvalitativních metod.

V teoretické části jsou jednotlivé metody popsány a vysvětlen jejich princip. Tyto metody jsou běžně využívány nejen v naší společnosti, ale i v dalších firmách, většina z nich je ale v současné době používána především v automobilovém průmyslu, který klade velký důraz právě na jejich správné používání k řešení problémů.

V praktické části pak tyto metody převedu na konkrétní problém, zde by mělo být více zřejmé to, kam se problém ubírá a zda je vůbec možné ho za stávajících podmínek nějakým vhodným způsobem vyřešit. Snahou v těchto kapitolách bylo podívat se na problém z více stran, jak z té technické, tak i ekonomické. Součástí technického zkoumání problému je přezkoumání celého procesu, dále popis možných příčin, které daný problém mohly způsobit, za pomoci diagramu možných příčin a následků, tzv.

FMEA. Součástí pochopení stávajícího procesu nasimulování změn, kde jsme se snažili pochopit možné změny na finálním výrobku v případě, že se změní jeden jeho vstup.

Zaměřili jsme se především na změnu materiálu, kde jsme ve spolupráci s dodavatelem technologií vyzkoušeli další typy materiálu, dále jsme pak pomocí našich technologií navodili takové prostředí, ve kterém má díl ve své fázi provozu správným způsobem pracovat.

Určitě se některé úkoly vysvětlily a objasnily, stále ale zůstávají některá témata otevřena, nicméně jsou v závěru uvedeny návrhy a doporučení na případné řešení problému.

## **Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je technicko- ekonomický rozbor konkrétních neshod na zadaném produktu. Konkrétně se jedná o plastový výlisek, který je složen ze dvou částí, které jsou pak následně ultrazvukově svařovány. Tento díl musí splňovat požadavky zákazníka, mezi které primárně patří odolnost při přetlaku 3,6 Mpa (36 barů). Na základě uvedeného rozboru bakalářské práce stanoví možné příčiny neshod citovaného požadavku zákazníka a nastavení kritických parametrů výrobního procesu z pohledu minimalizace výrobních nákladů tohoto procesu.

## 1 Teoretické vysvětlení metod

Pro řešení problémů, který je cílem této bakalářské práce je nutno použít několik nástrojů, které budou jakýmsi podpůrným mechanismem pro nalezení kořenové příčiny a možného řešení. Tyto nástroje jsou běžně používány nejen ve výrobních společnostech, ale i ve firmách, kde je nutné dodržovat standard kvality a splňovat normy, dle nichž jsou firmy certifikováni.

### 1.1 Zpracování plastů

Počátek historie technologie vstřikování plastů je spojován se jménem John Wesley Hyatt, který si v roce 1870 v USA nechal patentovat materiál, z kterého později vznikl celuloid, společně i se strojem na vstřikování. Vstřikování plastů se pak začal rozšiřovat po 1. světové válce.

Od této doby tato technologie urazila velmi dlouhou a úspěšnou cestu. Tato technologie je využívána v mnoho odvětvích průmyslu, včetně elektrotechnického a automobilového. I do budoucna je to technologie velice perspektivní.

Vstřikování plastů je cyklický výrobní proces a pro tento proces, je nutné zajistit stabilitu procesu, což znamená, aby každý následující cyklus měl stejný průběh jako ten předchozí.

Vstřikování můžeme rozdělit na čtyři fáze, které mají vliv na stav výstřiku a jeho kvalitu.

- **Plastikační fáze** – základem pro optimální naplnění dutiny formy je mít před čelem šneku materiál, který je správně připraven pro vstřikování. K tomu slouží topné pásy, které jsou po celé délce vstřikovací komory a jejichž působením se ovlivňuje správná homogenita materiálu. Pokud je materiál nehomogenní, projeví se to na povrchové kvalitě dílu. Teplota taveniny má největší vliv na orientaci makromolekul ve výlisku.
- **Vstřikovací fáze** – naplnění dutiny vstřikovacího nástroje termicky homogenní taveninou tak, aby rychlost čela proudu taveniny byla v každém místě průřezu dutiny stejná. U jednoduchých dílů se stejnou tloušťkou stěny je možné toto

dodržet, avšak u tvarově složitějších dílů je toto problematické dodržet i za pomoci počítačové simulace.

- Dotlaková fáze – se používá, když je dutina formy zaplněná taveninou a je možné přepnout na tzv. „dotlak“, který slouží ke korekci tvaru, povrchů a optimalizaci váhy dílu a v poslední řadě i k dosažení požadovaných rozměrů
- Fáze ochlazovací – začátek této fáze začíná již ve fázi plnění dutiny taveninou. Parametry ochlazovací fáze jsou teplota formy a doba ochlazování. Minimální doba ochlazování musí zaručit dostatečnou tuhost výlisku, aby byl vyhozen z formy bez deformací nebo vad způsobených vyhazovacím systémem. Optimalizace ochlazovací fáze má vliv na ekonomii výroby, měla by být co nejkratší. Musí se ovšem brát v potaz vliv této fáze na kvalitu výlisku.

Další, pro vstřikování plastů důležitá fáze, je příprava materiálu a jeho sušení. Některé druhy materiálu je nutné před samotným procesem vstřikování vysušit, to znamená zbavit vzdušné vlhkosti, kterou tyto materiály do sebe absorbují. Tyto materiály se označují jako hygroskopické. K tomuto procesu sušení se využívají sušící pece, které dokáží materiál této vlhkosti zbavit až na hodnotu, která je předepsaná výrobcem granulátu. Poté je možné materiál zpracovávat. K měření zbytkové vlhkosti v granulátu je možné několika způsoby:

- Podle K. Fischera, je to analytický postup, který je sice přesný, ale zdlouhavý a je k němu třeba laboratorní vybavení.
- Gravimetrická metoda, kdy se granulát zahřívá a podíl vlhkosti se určuje vážením zplodin, které vznikají zahříváním materiálu
- AQATRACK, je to zařízení, které určuje přesně procento vlhkosti v materiálu. Měří jenom vlhkost bez vlivu vzduchu a dalších příměsí

Sušárny plastového granulátu, lze rozdělit do pěti základních skupin:

- Sušárny se samovolnou cirkulací ohřátého vzduchu
- Jsou to obvykle velké skříně, kde je granulát rozmístěn na sítích. Uvnitř jsou elektrické topení, které ohřívají vzduch, který je z okolí nasáván pomocí ventilátorů. U tohoto typu je malá efektivita sušení a proces je zdlouhavý.

- Sušárny s nuceným oběhem ohřátého vzduchu
- Jsou to válcové zásobníky s konickým dnem, které usnadňuje vysypávání granulátu. Ohřátý vzduch je vháněn odspodu. Ohřátý vzduch, který prošel granulátem je znovu přes topení vháněn do granulátu a částečně odchází do okolní atmosféry. „Mokrý“ granulát se suší mokrým vzduchem. Je to levné a servisně nenáročné zařízení, avšak jak v předchozím případě s malou efektivitou sušení.
- Sušárny s nuceným oběhem ohřátého suchého vzduchu
- Je to v současné době asi nejrozšířenější způsob sušení materiálu. K sušení se používá suchý ohřátý vzduch, který obíhá v uzavřeném cyklu mezi násypkou s granulátem a sušičkou ve které se regeneruje, tzn. Je z něj odstraňována absorbovaná vlhkost. Po průchodu molekulovým sítím se vhání přes ohřev a dmychadlo zpět do granulátu. Zařízení pracuje na dvě sekce. Výsledkem je efektivnější sušení – kratší doba sušení a nižší zbytková vlhkost.
- Podtlakové sušárny
- U tohoto druhu sušení se nevyužívá k odstranění vlhkosti ohřátý vzduch, ale vakuum. Podtlakové sušení vysává molekuly vody z granulátu působením podtlaku. Výhodou tohoto sušení je menší energetická náročnost, zkrácení doby sušení, menší degradační namáhání materiálu.
- Tlakovzdušné sušárny
- Tento typ také suší granulát v proudu suchého horkého vzduchu v násypce. Používá se stlačený vzduch, který je před vstupem do sušičky ohřát na sušící teplotu. Zdrojem vzduchu tak může být i kompresor používaný pro další účely. Výhody tohoto typu sušení jsou:
  - Mají oddělený ohřev a sušení do dvou samostatných kroků
  - Granulát se prohřívá až do středu bez nebezpečí degradace
  - Nemají vysoušedlo a přepínače sekcí – podstatné snížení nároků na údržbu a opravy

- Zaručují konstantní výsledky sušení během celé životnosti zařízení (Zeman, 2009)

## **1.2 Ultrazvukové svařování**

Ultrazvukové svařování je způsob spojení dvou nebo více plastových výstřiků, kdy je použita ultrazvuková kmitaná energie v místech sváru. Použitím statické síly se zaručí akustická vazba, a to při současném použití vibrací v kolmém směru.

Pomocí ultrazvukových kmitů a současným působením přitlačné síly se vytváří spoj, nejdříve pomocí změknutí a potom tavení, do té doby, dokud vznikne v místě sváru pevná vazba. Do tuhého stavu se pak spoj dostane pro působení přitlačné síly po skončení ultrazvukových kmitů. Celkový čas sváření není větší než 3 sekundy. (Ultratech, 2014)

## **1.3 Diagram příčin a následků**

Diagram příčin a následků, známí především pod názvem „rybí kost“ nebo „Ishikawa diagram“, analyzuje vztahy mezi problémem a jeho možnými příčinami. Na počátku všeho se identifikuje a jednoznačně pojmenuje problém, u kterého se hledají možné příčiny. Dále se k jednotlivým kategoriím přiřadí všechny možné příčiny, díky kterým mohl problém nastat. Tyto příčiny se třídí do těchto kategorií: člověk, stroj, materiál, měření, prostředí a metoda. Po přiřazení všech nápadů, které mohou být příčinami daného problému, se pak tyto možné příčiny zanalyzují a stanoví se nejpravděpodobnější příčiny problému. (Bjorn Andersen, 2011)

## **1.4 FMEA**

FMEA je nástroj, který je používán ve velké míře pro neustálé zlepšování výrobků a procesů, jakožto systematická metoda pro určení možných problémů a podporu jejich minimalizace.

### **1.4.1 Historie FMEA**

Analýza možných způsobů a důsledků závad (dále FMEA) byla v 60. letech 20. století vyvinuta leteckým a kosmickým průmyslem a ukázala se být užitečným a účinným

nástrojem při posuzování potenciálních poruch a zabránění jejich vzniku. Od svého zavedení jako podpůrného nástroje pro designery se FMEA široce využívá ve všech odvětvích průmyslu, včetně kosmického, automobilového, jaderného, elektronického, chemického a zdravotnického.

V 60. letech 20. století byl spuštěn program Apollo Space, jehož úkolem bylo vyvinout bezpečný způsob pro vyslání kosmonauta na Měsíc a bezpečné vrácení ho na Zem. Na konci 70. let pak představila společnost Ford Motor Company FMEA kvůli nastavení bezpečnosti a regulačním záměrům. Byl zde aplikován přístup na procesy, aby byly zváženy všechny možné selhání způsobené procesem ještě před spuštěním sériové výroby. Společnost Toyota pak podnikla ještě další krok a to v přístupu založeném na způsobu selhání. Metoda byla podporována Americkou společností pro kvalitu, která poskytuje podrobné pokyny pro použití této metody.

#### **1.4.2 Vypracování FMEA**

Jedna z nejdůležitějších podmínek úspěšného uplatnění FMEA je jeho včasnost. Musí se jednat o akci „před událostí“, tzn. na počátku projektu. K dosažení největšího přínosu se musí FMEA uskutečnit před tím, než byla možnost vzniku závady výrobku nebo procesu do výrobku nebo procesu zabudována. Čas věnovaný řádnému provedení FMEA s předstihem v době, kdy se dají změny do výrobku/procesu nejsnáze a s nejmenšími náklady promítnout, omezí pozdější krizové promítání změn. FMEA může omezit nebo vyloučit nutnost uplatnit preventivní opatření nebo opatření k nápravě, které by způsobilo ještě větší starosti. Mezi všemi týmy pro FMEA by měla existovat komunikace a koordinace.

FMEA se vypracovává v těchto třech základních situacích:

- a) Nové návrhy, nové technologie nebo nové procesy. Předmětem FMEA je pak celý návrh, technologie nebo proces
- b) Změna stávajícího návrhu nebo procesu. FMEA se má v tomto případě soustředit na změnu v procesu navrhování, na možné interakce změnou vyvolané a na projev výrobku v provozu.
- c) Použití stávajícího návrhu nebo procesu v novém prostředí, na novém místě nebo pro nové uplatnění (předpokládá se, že FMEA stávajícího návrhu nebo procesu existuje).

Předmětem FMEA je dopad nového prostředí nebo místa na stávající návrh nebo proces.

Výstupy do FMEA jsou týmovou prací. Má se vytvořit tým znalých pracovníků (technologů, techniků se zkušenostmi z návrhu, analýzy, testování, výroby, montáže a servisu). (Frank, 2001)

## **1.5 DOE**

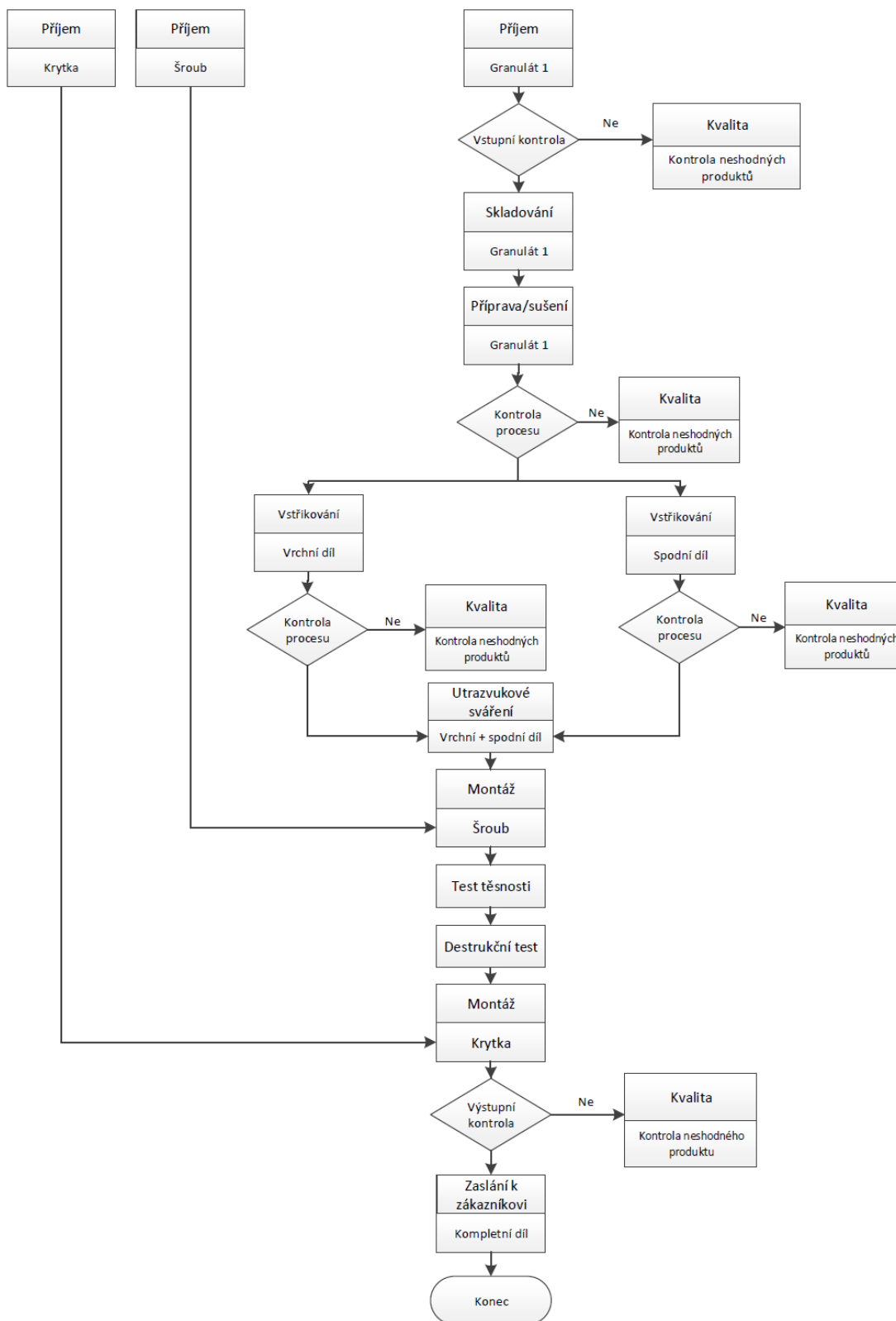
Plánovaný experiment je zkouška, kde jsou prováděny změny ve vstupech ve výrobním procesu tak, abychom mohli identifikovat změny výstupu. Cílem je nalézt dominantní vstupy tak, abychom je při tomto experimentu mohli považovat za proměnou a vliv změny tohoto faktoru porovnat se současným stavem. (Anon., 2015)

## **2 Výzkumná část (praktická část)**

Výchozím stavem v této části je problém, jehož nalezení řešení je cílem této bakalářské práce. Na základě standardní dodávky dílů, které si u nás zákazník objednal, jsme obdrželi reklamaci, tzv. reklamaci „z pole“, kdy se potencionálně neshodný díl našel již v provozu, kdy byl stav tachometru v automobilu již necelých 10000 km. Reklamační proces byl zahájen okamžitě a to formou zaslání 3D reportu k zákazníkovi, prověření skladových zásob a zásob v transportu a svolání týmu, který se reklamací věnuje. Během dalších dvou měsíců jsme obdrželi informace o dalších cca 34 dílů, které popraskali již v provozu. Bohužel i přes veškerou snahu nebyla určena kořenová příčina a problém zůstal otevřen.

### **2.1 Schéma materiálového toku**

Následující graf ukazuje přesný tok veškerých procesů zahrnující vstupní kontrolu materiálu, lisování jednotlivých dílů, svařování dílů, následné testy, které jsou požadovány zákazníkem, montáž a finální balení dílů. Tak, jak je v automobilovém průmyslu standardní, tento postup procesu je neměnný a bez předchozího schválení zákazníkem není možné ho měnit nebo jednotlivé kroky vynechat či zaměnit za jiné. Toto je nezbytné dodržovat i v případě vstřikovacích lisů, svářecího a testovacího zařízení. Pokud je například vstřikovací lis přestěhován, vyměněn nebo nahrazen, je nutné zákazníka o této skutečnosti informovat a provést nové vzorkování a následně požadovat schválení od zákazníka.



Obrázek 1 - Proces flow chart (interní dokumentace)

## 2.2 Popis lisování

Lisování těchto dílů probíhá na dvou lisovacích strojích, které lisují současně tak, aby byl dodržen požadavek na včasné svaření dílů, max. do dvou hodin od vylisování. Jedním strojem je Arburg 420C 1500-350 (uzavírací síla 1500 kN) a druhý Demag Ergotech 50/200 (uzavírací síla 500 kN).

Stroje jsou udržovány na základě plánu údržby – týdenní, měsíční a roční.

Na počátku projektu byly nastaveny seřizovací parametry, po obdržení uvolnění od zákazníka byly tyto parametry podepsány technologem a jejichž předpis je součástí výrobní dokumentace.

Na počátku každé výroby se do stroje nahraje disketa s programem, zkontrolují se vstřikovací parametry a spustí se seřizování stroje. Po seřízení a prvotním uvolnění samotného seřizovače je díl postoupen na oddělení kvality, kde je změřen dle kontrolního plánu a v případě, že se shoduje s výkresovou dokumentací, tak je výroba uvolněna. Po vylisování dalších 5 zdvihů je výroba započata.

Výrobním nástrojem je tzv. vstřikovací forma, která je majetkem zákazníka (v tomto odvětví se jedná až o 99% vstřikovacích forem, kdy je zákazník majitelem formy). I vstřikovací formy podléhají režimu pravidelné údržby, která je závislá na počtu vyrobených zdvihů, v tomto případě se jedná u obou dílů o formy s jednou kavitou.

V případě poškození nebo opotřebování nástroje je tato skutečnost vždy konzultována se zákazníkem, v situaci, kdy je nutný zásah nebo oprava, je potřeba udělat nové vzorkování podléhající schválení zákazníka.

## 2.3 Popis měření

Měření nalisovaných dílů probíhá v klimatizované laboratoři, kde je na denní bázi kontrolována okolní teplota, která je dle výrobce měřicího zařízení určena na 20°C, s tolerancí  $\pm 3^\circ\text{C}$ .

Oba díly jsou měřeny na souřadnicovém měřicím přístroji, CMM, od firmy Zeiss, kde je naprogramované měření pro oba dva kusy. Měření probíhá dle kontrolního plánu jedenkrát za směnu v počtu pěti kusů. Důležitá je u tohoto procesu neustálá kontrola stability výrobního procesu. Ač se nejedná o tzv. SC nebo CC znaky (důležitý nebo

kritický znak), tak je proces sledován a v případě odklonění křivky v SPC kartě je nutný zásah technologa, který v případě potřeby zasáhne do změny vstřikovacích parametrů v rámci daných a schválených tolerancí.

## **2.4 Popis postupu ultrazvukového svařování**

Ultrazvukové svařování dílu se provádí na stroji od firmy Herrmann, označení Ultracell HiQ dialog.

Toto zařízení bylo zakoupeno přímo pro tento projekt ze dvou důvodů.

První byl, aby bylo možné využít maximální kapacitu, která byla nabídnuta zákazníkovi.

Druhý důvod byl ten, aby bylo možné všechny záznamy, které se týkají nastavených hodnot nutných pro správné svaření dílu zaznamenávat a vyhodnocovat. Stroje nižší kategorie, nemají možnost záznamu, a tudíž i zpětná dohledatelnost svařecích parametrů vůči konkrétnímu dílu je velmi omezená. Toto se ale netýká uvedeného stroje. Ten umožňuje jak monitorování všech nastavených parametrů a jejich ukládání, tak i signalizaci zvukovou i grafickou v případě chybového hlášení, kdy se hlídané parametry dostanou mimo nastavenou toleranci.

Samotné pracoviště pro svaření je vybaveno ještě odkládacím stolem, pojízdným zásobníkem na svařené komponenty a tiskárnou QR kód. Podle kterých je díl v případě potřeby identifikován.

Samotný svařecí proces vypadá v bodech zhruba takto.

- Obsluha si ze zásobníku vezme spodní a vrchní díl. Díly k sobě se sestaví do správné pozice pomocí aretačního výstupku, který je na spodním díle. Tím je zaručeno, že díly jsou vůči sobě natočeny ve správné pozici a nebude problém při konečné montáži u zákazníka.
- Takto zafixované díly založí do přípravku, který je usazen v prostoru svařečky a jeho střed je vycentrován do jedné osy se svařecí sonotrodou. Tím je zaručena správná pozice, která je nutná pro správný přenos svařecí energie na návarovou hranu dílu.

- Po založení obsluha zmáčkne dvě startovací tlačítka a jejich přidržením nastartuje celý proces sváření. Zavře se ochranný kryt, který tlumí zvuk vznikající při sváření a sonotroda automaticky přijede a dosedne na plochu dílu. Tento bod je označen jako RPN a je to bod spuštění. V tomto bodě začne působit nastavená energie (J) a po dobu nastaveného času (s), probíhá sváření.
- Po dokončení cyklu se sonotroda vrací opět nahoru a otevírá se ochranný kryt. Poté obsluha vyjme svaření díl, a pokud je vyhodnocen svářečkou jako OK, obsluha na něj nalepí identifikační štítek.

## 2.5 Popis provedení přetlakové destrukční zkoušky

Destrukční zkouška je prováděna na zařízení, které bylo zkonstruováno v naší společnosti a bylo při externím auditu schváleno zákazníkem. Existuje přímo postup, který je nutno při testování dodržet, na tento postup je obsluhující personál zaškolen.

Dle odsouhlasení se zákazníkem existují přesná pravidla na vykonání této zkoušky a to je dle výkresové specifikace testování minimálně 60 minut, maximálně pak 120 minut po svaření dílu.

Testování se provádí na tomto zařízení:



Obrázek 2 - Přístroj pro přetlakovou destrukční zkoušku

### 2.5.1 Postup provedení přetlakové destrukční zkoušky

Po dosažení 27 barů na barometru se uzavře ventil V1, aby nedošlo k úniku tlaku. Na tomto tlaku se setrvá po dobu 3 minut. Před dalším krokem se u dílu provede vizuální kontrola možného poškození a kontrola ukazatele na barometru.

Poté se otevře ventil V1, díl se natlakuje na 36 barů, ventil V1 se uzavře, aby nedošlo k úniku tlaku, a na této hodnotě se tlak drží po dobu 10 minut. I po tomto kroku se provede kontrola barometru a kusu.

Poté se otevře ventil V1 a tlakuje se do doby, než díl praskne.

Výsledná hodnota se poté zapíše do záznamu o tlakové zkoušce.

## 2.6 Náklady na interní nekvalitu

Tento proces je nutné zkontrolovat i z hlediska ekonomického. Z tohoto pohledu používáme vyhodnocování zmetkovitosti pro jednotlivé kroky a také sledování nákladů na dané zmetky. Součástí těchto nákladů jsou náklady na vstupní materiál, náklady na infrastrukturu a lidské zdroje.

| Ultrazvukové sváření |        |       |              |           |
|----------------------|--------|-------|--------------|-----------|
| NOK                  | OK     | u%    | Náklady      | Náklady u |
| 87                   | 16 287 | 0,53% | 3 772,32 Kč  | 3772      |
| 352                  | 8 258  | 4,09% | 15 262,7 Kč  | 15263     |
| 140                  | 17 143 | 0,81% | 6 070,4 Kč   | 6070      |
| 514                  | 22 234 | 2,26% | 22 287,04 Kč | 22287     |
| 599                  | 19 297 | 3,01% | 25 972,64 Kč | 25973     |
| 128                  | 24 650 | 0,52% | 5 550 Kč     | 5550      |
| 614                  | 31 705 | 1,90% | 26 623,04 Kč | 26623     |
| 836                  | 31 821 | 2,56% | 36 248,96 Kč | 36249     |
| 639                  | 33 950 | 1,85% | 27 707,04 Kč | 27707     |

Tabulka 1 - ultrazvukové sváření, nekvalita, zdroj: ERP systém

| Test těsnosti |        |        |              |           |
|---------------|--------|--------|--------------|-----------|
| NOK           | OK     | t%     | Náklady      | Náklady t |
| 788           | 21 081 | 3,60%  | 28 234,04 Kč | 28234     |
| 654           | 6 953  | 8,60%  | 23 432,82 Kč | 23433     |
| 1 750         | 18 609 | 8,60%  | 62 702,5 Kč  | 62703     |
| 2 203         | 24 837 | 8,15%  | 78 933,49 Kč | 78933     |
| 2 476         | 21 525 | 10,32% | 88 715,08 Kč | 88715     |
| 882           | 24 784 | 3,44%  | 31 602,06 Kč | 31602     |
| 1 735         | 36 551 | 4,53%  | 62 165,05 Kč | 62165     |
| 1 168         | 40 983 | 2,77%  | 41 849,44 Kč | 41849     |
| 1 842         | 30 913 | 5,62%  | 65 998,86 Kč | 65999     |

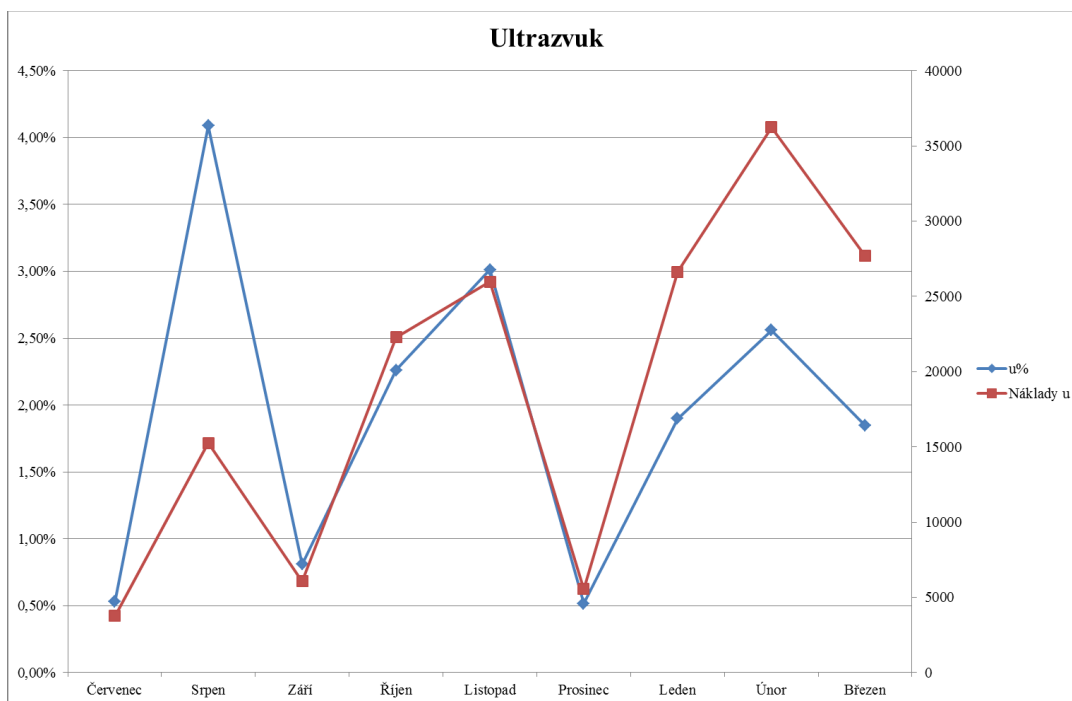
Tabulka 2 - test těsnosti, nekvalita, zdroj: ERP systém

| Finální výrobek |        |        |              |           |
|-----------------|--------|--------|--------------|-----------|
| NOK             | OK     | f%     | Náklady      | Náklady f |
| 1 843           | 14 919 | 11,00% | 74 457,2 Kč  | 74457     |
| 773             | 7 851  | 8,96%  | 31 229,2 Kč  | 31229     |
| 1 392           | 17 221 | 7,48%  | 56 236,8 Kč  | 56237     |
| 1 200           | 23 624 | 4,83%  | 48 480 Kč    | 48480     |
| 1 086           | 20 207 | 5,10%  | 43 874,4 Kč  | 43874     |
| 1 322           | 23 521 | 5,32%  | 53 408,8 Kč  | 53409     |
| 4 095           | 32 456 | 11,20% | 165 438 Kč   | 165438    |
| 4 179           | 38 726 | 9,74%  | 168 831,6 Kč | 168832    |
| 1 142           | 29 683 | 3,70%  | 46 136,8 Kč  | 46137     |

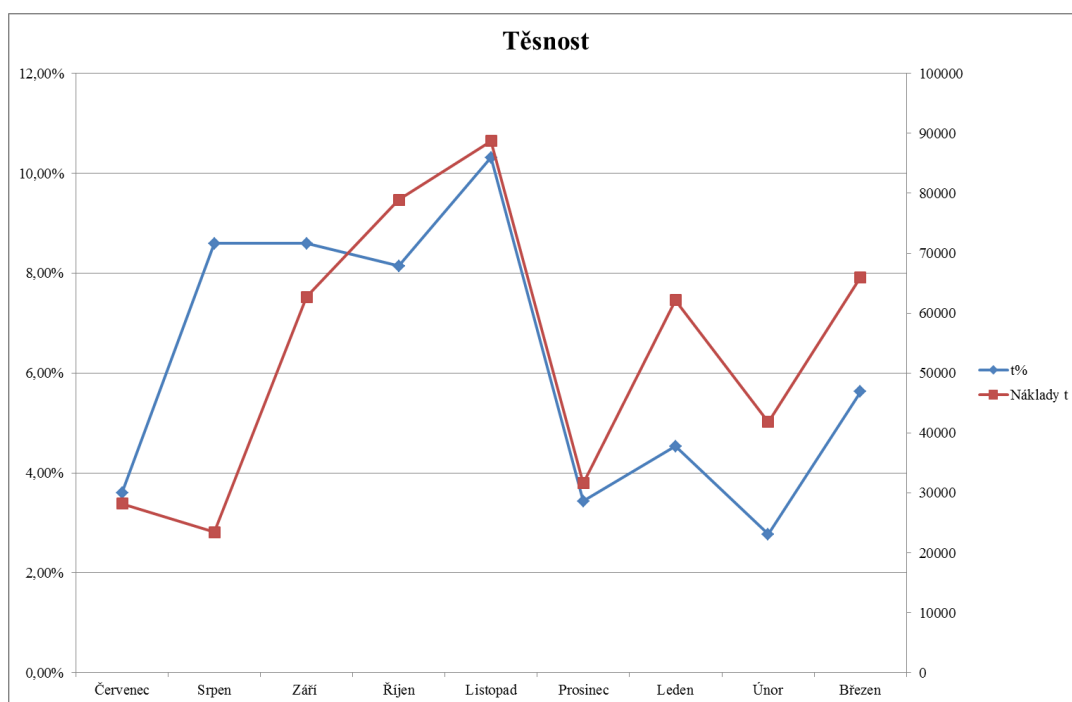
Tabulka 3 - finální výrobek, nekvalita, zdroj: ERP systém

Sloupeček NOK zobrazuje neshodné díly, OK díly jsou pak díly shodné, u%, resp. t%, f% pak zobrazuje procentuální zmetkovitost k jednotlivému kroku, náklady jsou pak vyčíslením nákladů, které vznikly produkcí neshodných dílů.

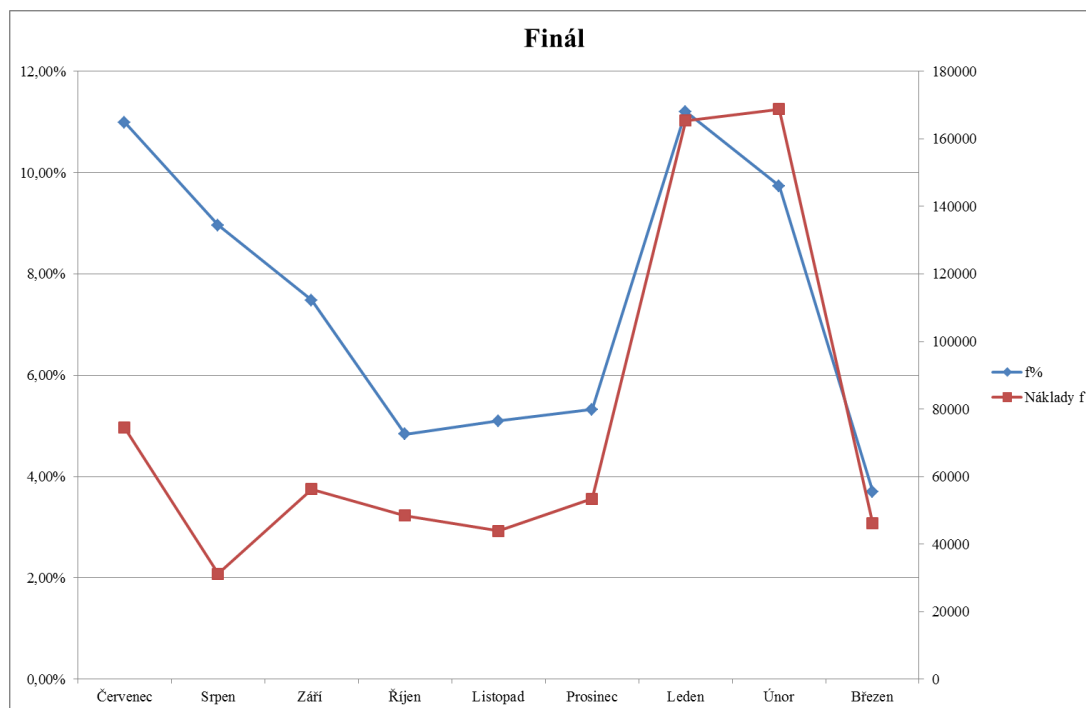
## 2.6.1 Grafický přehled vztahu nákladů na neshodné díly



**Graf 1 - ultrazvuk, zmetkovitost + náklady na nekvalitu, zdroj: ERP systém**

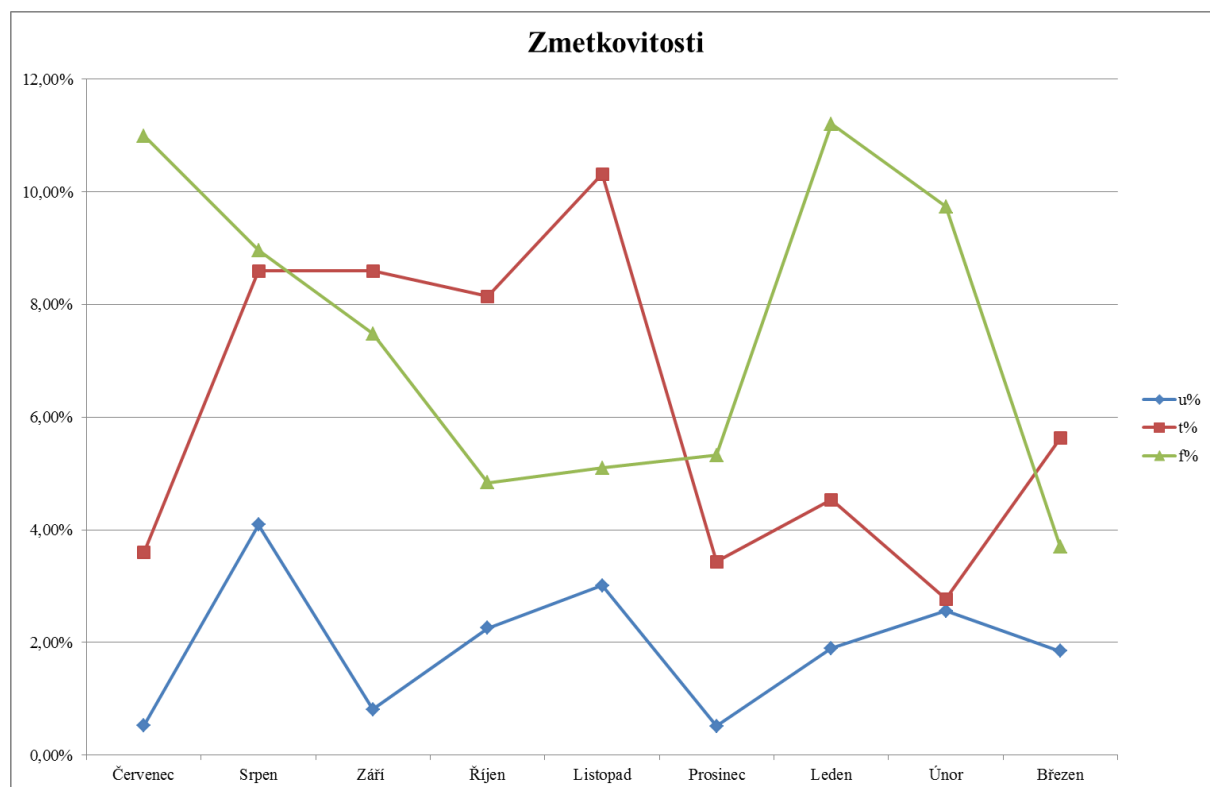


**Graf 2 - těsnost, zmetkovitost + náklady na nekvalitu, zdroj: ERP systém**



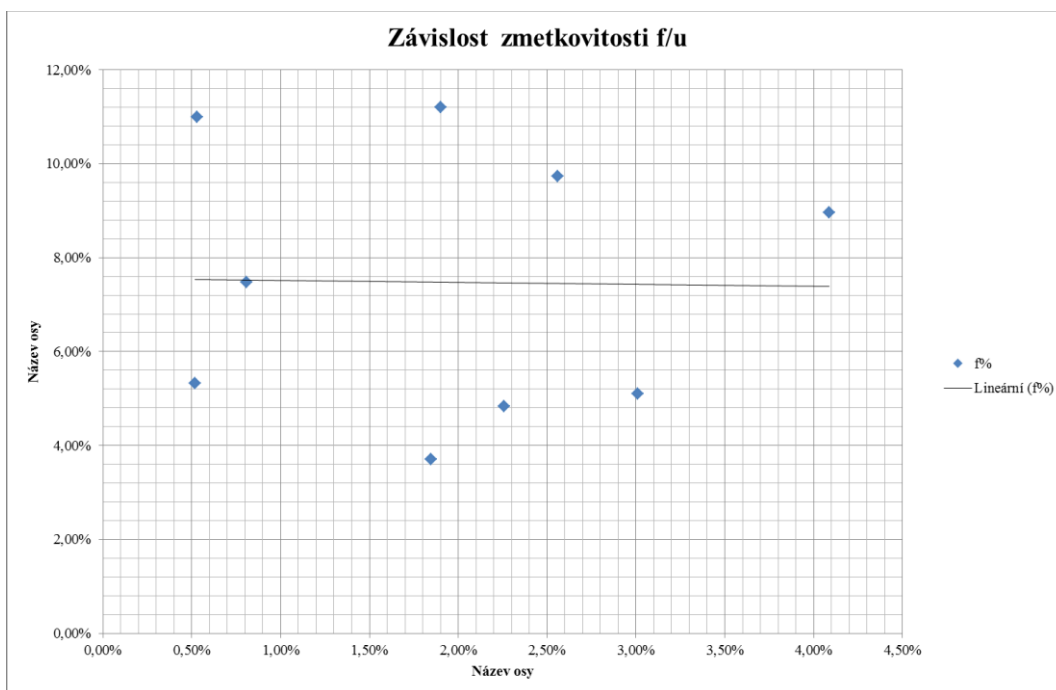
**Graf 3 - finální výrobek, zmetkovitost + náklady na nekvalitu, zdroj: ERP systém**

## 2.6.2 Grafický přehled zmetkovitosti všech procesních kroků

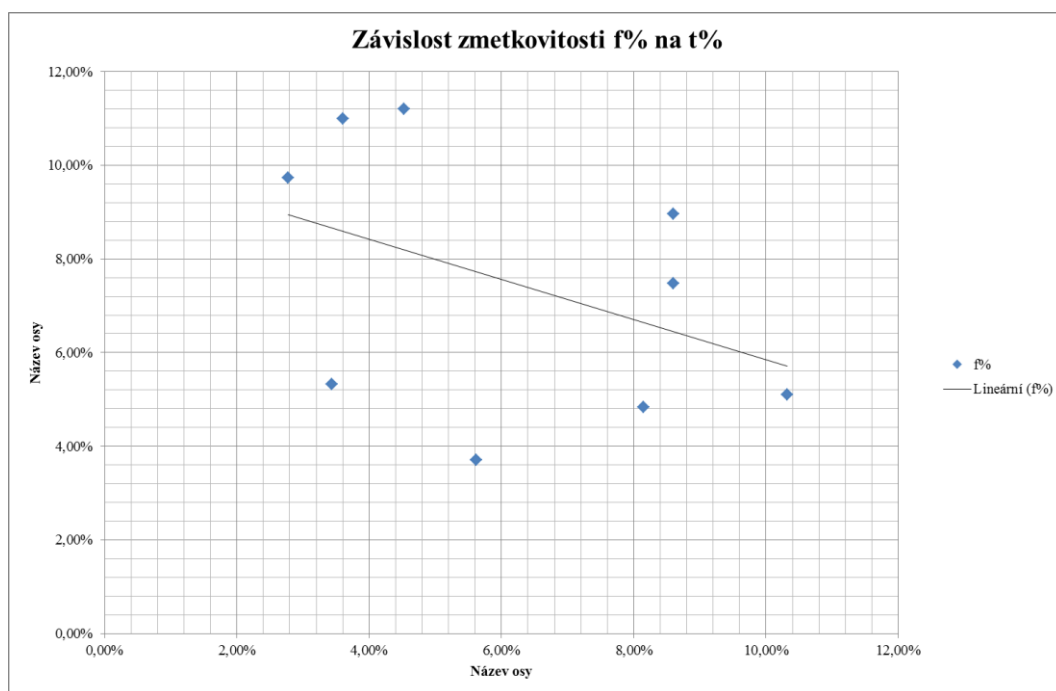


**Graf 4 - zmetkovitost všech kroků, zdroj: ERP systém**

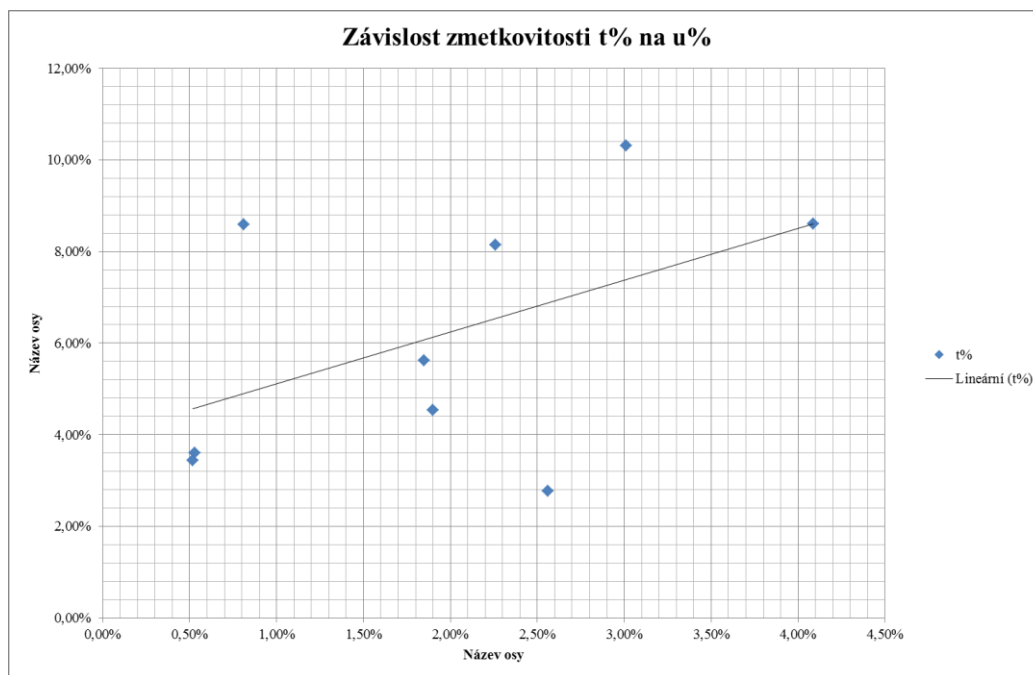
## 2.6.3 Grafické vyjádření závislostí



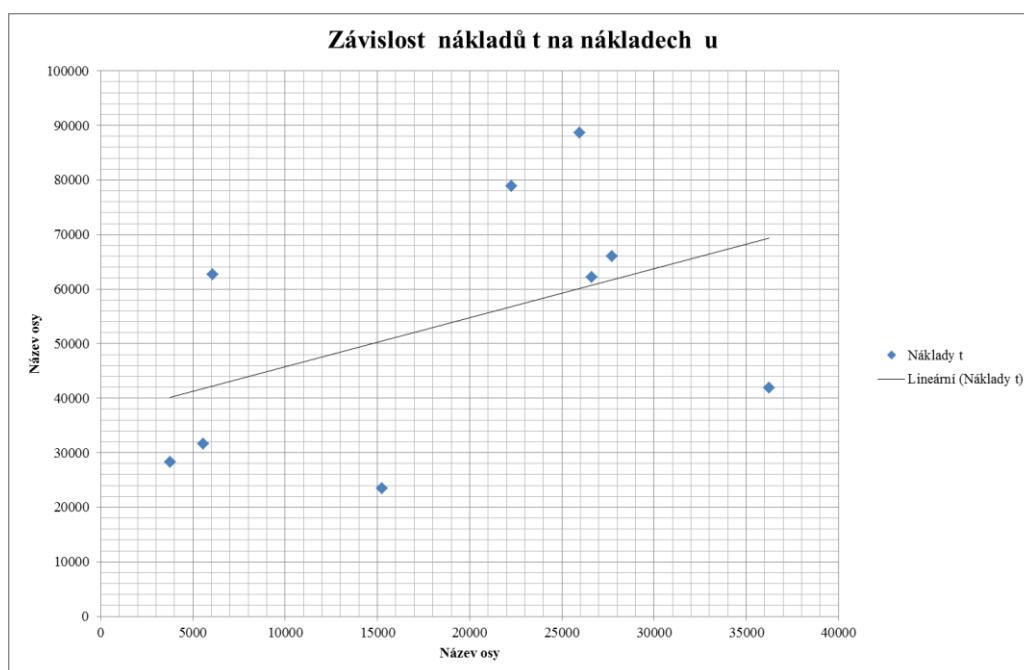
**Graf 5 - závislost zmetkovitosti, finální výrobek / ultrazvukové svařování, zdroj: ERP systém**



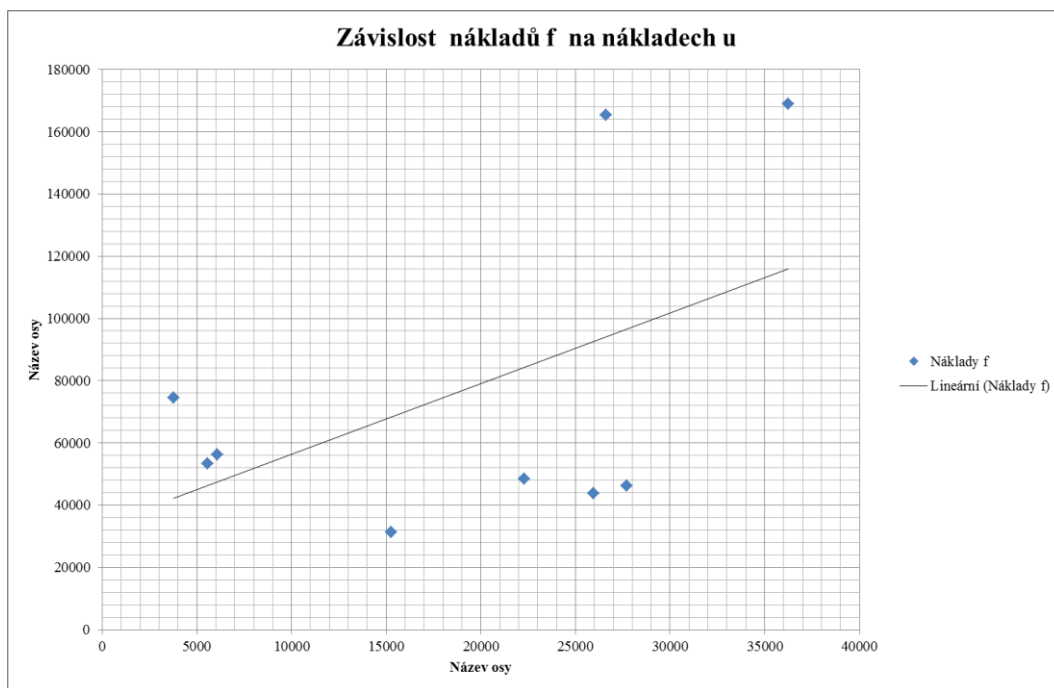
**Graf 6 - závislost zmetkovitosti, finální výrobek / těsnost, zdroj: ERP systém**



**Graf 7 - závislost zmetkovitosti, těsnost / ultrazvukové svařování, zdroj: ERP systém**



**Graf 8 - závislost nákladů, těsnost / ultrazvukové svařování, zdroj: ERP systém**



Graf 9 - závislost nákladů, finální produkt / ultrazvukové svařování, zdroj: ERP systém

## Korelace zmetkovitosti

|           | <i>u%</i>    | <i>t%</i>    | <i>f%</i> |
|-----------|--------------|--------------|-----------|
| <i>u%</i> | 1            |              |           |
| <i>t%</i> | 0,490238068  | 1            |           |
| <i>f%</i> | -0,017630343 | -0,416404043 | 1         |

## Korelace nákladů

|                  | <i>Náklady u</i> | <i>Náklady t</i> | <i>Náklady f</i> |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>Náklady u</i> | 1                |                  |                  |
| <i>Náklady t</i> | 0,448860185      | 1                |                  |
| <i>Náklady f</i> | 0,501183539      | -0,082737114     | 1                |

Tabulka 4 - korelace zmetkovitosti a nákladů

## 2.7 Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následků je standardně používaný nástroj, který ve společnosti používáme. Na jeho tvorbě se podílí tým pracovníků, kde je zastoupeno každé oddělení, které je přímým způsobem zainteresováno na výrobě tohoto dílu. Jde o členy kvality, výroby, technologie, popř. nástrojárny a obchodního oddělení, další jsou dle povahy konkrétního problému.

V tomto konkrétním případě se na tvorbě tohoto diagramu podíleli dva pracovníci kvality, ředitel výroby a technolog.

V „hlavě“ digramu je nadefinován problém a to je problém, kdy díl praská při tlakové zkoušce a tlak, při kterém musí svařený díl vydržet, je pod minimální hodnotou stanovenou zákazníkem.

Následně byly analyzovány jednotlivé oddíly „rybí kostí“.

### 2.7.1 Člověk

- Seřizovač – byla provedena kontrola parametrů na vstřikovacím lisu. Nastavené hodnoty musí být shodné s předpisem vstřikovacích parametrů a musí se pohybovat v tolerančním pásmu.
- Technolog – technologové jsou zodpovědní za nastavení ultrazvukové svařovací stanice, která díly svařuje. Svařovací program je zabezpečen heslem, které znají pouze dva technologové, takže v tomto případě je proces zabezpečen důkladně a díly byly svařeny na parametry, které byly odsouhlaseny se zákazníkem.
- Technolog – mezi další povinnosti technologa patří nastavení a vycentrování fixačního přípravku v ultrazvukové svařovací stanici, kdy je správná poloha tohoto přípravku pravidelně kontrolována a prověřována a tato kontrola je se záznamem. Všechny kontroly byly provedeny a zde nebyl problém nalezen.

### 2.7.2 Stroj

- Vstřikovací lis - Jak je možné vyčíst z PFCH, každý díl se vyrábí na jiném vstřikovacím lisu, oba proto byly přezkoumány a nebyly shledány odchylky. Stroj je pravidelně udržován na týdenní, měsíční a roční bázi, údržba je pravidelně zaznamenávána.
- Ultrazvuková svařovací stanice – pravidelně kalibrována přímo výrobcem, poslední kalibrace provedena v únoru 2018
- Sonotroda – součástí ultrazvukové svařovací stanice je sonotroda, která je hlavní částí, která se přímo podílí na svaření dvou plastových dílů k sobě. Sonotroda je mírně poškozena, dle vyjádření výrobce nemá toto poškození vliv na kvalitu svařování, druhým aspektem je i skutečnost, že reklamovaný díl byl prasklý v deklu, nikoli v místě svaření, což znamená, že chyba není na straně procesu ultrazvukového svařování, ale v materiálu, ze kterého je díl vyroben nebo konstrukce výrobního zařízení.

- Test těsnosti – na tomto testu jsou testovány díly za pomoci helia na těsnost. Každá směna začíná otestováním tzv. „Dummy dílů“, které jsou kalibrovány výrobcem. Toto testování probíhá se záznamem a problém zde nebyl shledán

### 2.7.3 Materiál

- Granulát – při procesu vstřikování je používán materiál, který je k lisu dopravován manipulátorem a schválen kontrolou kvality. Materiál byl prověřen, především pak certifikát k dané výrobní šarži a materiálový list.
- Vlhkost materiálu – dle druhu materiálu je nutné materiál vysušit na předepsanou zbytkovou vlhkost. Tento materiál je vysušován v sušící peci, po předepsaném vysušení je materiál automaticky dopravován do stroje a taktéž surový materiál je automaticky dopravován (nasáván) z originální balící jednotky do sušící pece tak, aby bylo zajištěno kontinuální sušení materiálu. Po uplynutí doby sušení, která je daná v materiálovém listě výrobcem, je provedena zkouška na zbytkovou vlhkost materiálu a následně poté je start výroby schválen oddělením kvality. I v tomto případě byla zkouška provedena s kladným výsledkem.
- Absorbování vlhkosti hotového dílu – i přes to, že je díl vylisován z materiálu, kde je dodržena požadována minimální zbytková vlhkost, v okamžiku, kdy díl vypadne ze vstřikovacího lisu, začne absorbovat vlhkost z okolního prostředí zpět. Tento fakt musel být prozkoumán a prověřen. Vyhodnocení ukazuje následující tabulka:

| Čas       | Díl 1 | Díl 2 |
|-----------|-------|-------|
| 30 minut  | 0,08% | 0,09% |
| 60 minut  | 0,09% | 0,08% |
| 90 minut  | 0,12% | 0,11% |
| 120 minut | 0,11% | 0,10% |
| 180 minut | 0,10% | 0,11% |
| 240 minut | 0,10% | 0,11% |
| 24 hodin  | 0,17% | 0,16% |
| 48 hodin  | 0,19% | 0,19% |

Tabulka 5 - Vlhkost dílu v závislosti na čase (vlastní měření)

- Vlastnosti specifikovaného materiálu – v tomto případě jsme se obrátili i na výrobce ultrazvukové svářecí stanice s dotazem o vhodnosti specifikovaného materiálu. Dostali jsme následující odpověď:

| Typ materiálu                  | Vhodnost použití při ultrazvukovém svařování |
|--------------------------------|----------------------------------------------|
| PE-Polyethylen                 | Limited                                      |
| PP-Polypropylen                | Limited                                      |
| PVC-Polyvinylchlorid           | Good                                         |
| Plasticized PVC                | None                                         |
| PS-Polystyren                  | Good                                         |
| Tufted PS                      | Good                                         |
| ABS-Akrylonitrilbutadienstyren | Good                                         |
| SAN- Styrenakrylonitril        | Good                                         |
| PMMA-Polymethylmethakrylát     | Good                                         |
| PA-Polyamid                    | Limited                                      |
| POM- Polyaxymethylen           | Good                                         |
| PC-Polycarbon                  | Limited                                      |
| PBT-Polybutylentereftalát      | Good                                         |
| PPO-Polyfebylenoxid            | Good                                         |
| PS-Polysulfid                  | Good                                         |
| PI-Polyimid                    | None                                         |

Tabulka 6 - PH materiály a jejich vhodnost při použití svařování (Herman Ultrazvuk s.r.o.)

#### 2.7.4 Měření

- Měření zbytkové vlhkosti – v tomto bodě bylo zkontrolováno měřidlo zbytkové vlhkosti, toto měřidlo je pravidelně kalibrováno každý rok, dále bylo provedeno protiměření a porovnání se stejným druhem měřidla, kde bylo naše měřidlo označeno jako vhodné
- Měření mezioperační kontroly – dle kontrolního plánu, který je schválen zákazníkem probíhá měření při startu výroby, během výroby a při ukončení výroby a následné schválení posledního kusu. Toto bylo prověřeno a veškeré výsledky, především rozměrů, které by mohly mít vliv na proces svařování, byly v toleranci.
- Tlaková zkouška – tento druh zkoušky je specifikován v kontrolním plánu, který je schválen zákazníkem, a na základě prověření nebyly shledány odchylky od výkresové dokumentace, kde je i tento test specifikován:

3. „Berstdruck mindestens 36 bar – Berstdruck produktionsbegleitend zu prüfen bei RT 60 min bis 120 min nach dem Verschweissen – Prozesskontrolle über Regelkarte mit UEG bei 42 bar -H-“  
 Minimum burst pressure 36 bar – burst pressure to be tested at RT 60 min to 120 min after welding – process control with controlchart with LCL of 42 bar -H-“



Obrázek 3 - Specifikace přetlakové destrukční zkoušky (výkres zákazníka)

### **2.7.5 Prostředí**

- Vlhkost a teplota prostředí, ve kterém se provádí lisování a svařování dílů nebylo na počátku projektu bráno v úvahu, jedná se o běžné prostředí lisovny plastových dílů. Z výše uvedeným faktem zpětného absorbování vlhkosti bohužel koresponduje i možnost rychlejší či pomalejší absorpce vlhkosti z důvodu střídání ročních období a proměnlivosti počasí.

### **2.7.6 Metoda**

- Kontrolní plán – výroba a kontrola celého procesu probíhá dle schváleného kontrolního plánu a nebyla nalezena neshoda
- Návodky a pracovní instrukce – na každý proces existuje návodka či pracovní instrukce, zkontrolováno bylo zaškolení personálu, aktuálnost dokumentů a i zde nebyly shledány žádné odchylky

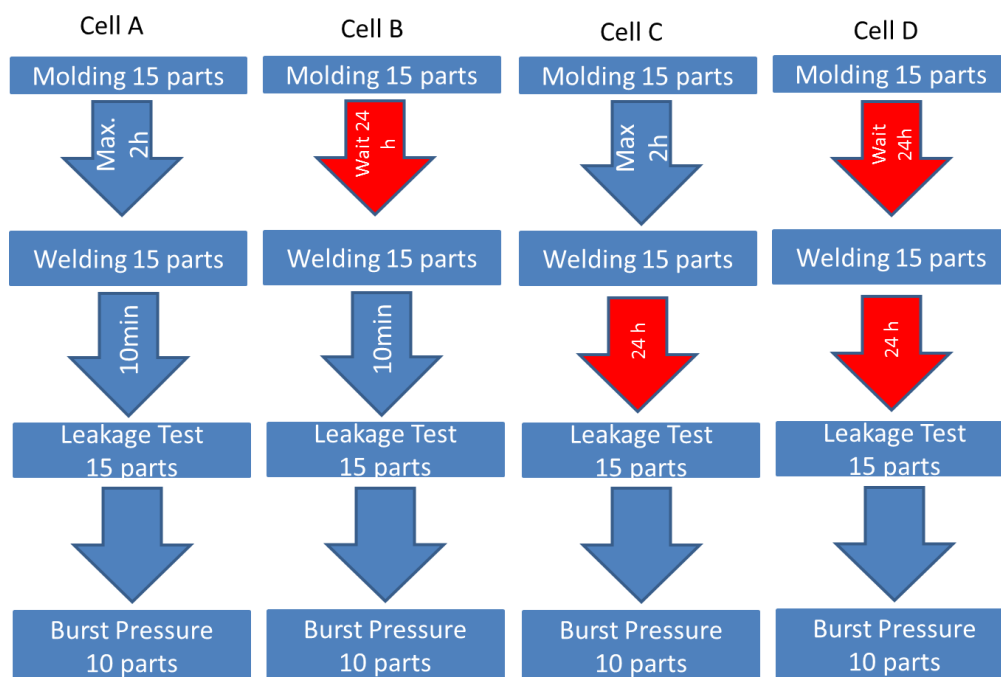
## **2.8 DOE**

Abychom si potvrdili některé domněnky, které nám během brainstormingu a vytváření výše uvedeného diagramu napadli, bylo na místě si nechat tyto myšlenky potvrdit.

Byly provedeny některé testy, které měli tyto tvrzení potvrdit či vyvrátit.

### **2.8.1 Vliv času na testování dílu**

Díky zamítavému postoji zákazníka ke změně materiálu nás právě zákazník požádal o provedení testu, kde bude zkoumán vliv času na testování dílů na stávajícím materiálu. Byla navržena následující struktura testování:



**Obrázek 4 - Návrh testu (zákazník)**

Nalisovali jsme tedy 60 kusů spodního a vrchního dílu a rozdělili jsme je do 4 skupin. První skupinu, 15 kusů jsme svařili ihned po vylisování, pak do 10 minut svařili a bezprostředně poté otestovali na přetlakovou destrukční zkoušku. Postup u testování dalších tří skupin znázorňuje obrázek 4.

Po otestování všech čtyřech skupin jsme obdrželi tyto výsledky:

| Test results acc. To "Cell A" |           |                       |         |       |       |          |
|-------------------------------|-----------|-----------------------|---------|-------|-------|----------|
| Part No.:                     | Leak test | Burst pressure test   |         | t (s) | E (J) | RPN (mm) |
| 1                             | 1.0x10-10 | Delivered to customer |         | 0,738 | 820   | 1,70     |
| 2                             | 1.0x10-10 |                       |         | 0,538 | 671   | 1,70     |
| 3                             | 1.0x10-10 |                       |         | 0,554 | 681   | 1,70     |
| 4                             | 1.0x10-10 |                       |         | 0,726 | 974   | 1,70     |
| 5                             | 1.0x10-10 |                       |         | 0,650 | 733   | 1,70     |
| 6                             | 1.0x10-10 | 48                    | cover   | 0,504 | 660   | 1,70     |
| 7                             | 1.0x10-10 | 50                    | cover   | 0,814 | 1098  | 1,70     |
| 8                             | 1.0x10-10 | 50                    | cover   | 0,519 | 658   | 1,70     |
| 9                             | 5,4x10-3  | 40                    | Welding | 0,656 | 933   | 1,70     |
| 10                            | 1.0x10-10 | 50                    | cover   | 0,531 | 677   | 1,70     |
| 11                            | 1.0x10-10 | 51                    | cover   | 0,848 | 1030  | 1,70     |
| 12                            | 1.0x10-10 | 49                    | cover   | 0,544 | 666   | 1,70     |
| 13                            | 1.0x10-10 | 44                    | cover   | 0,796 | 946   | 1,70     |
| 14                            | 1.0x10-10 | 51                    | cover   | 0,735 | 829   | 1,70     |
| 15                            | 1.0x10-10 | 47                    | cover   | 0,559 | 661   | 1,70     |

Tabulka 7 - skupina č. 1 (vlastní měření)

| Test results acc. To "Cell B" |           |                       |         |       |       |          |
|-------------------------------|-----------|-----------------------|---------|-------|-------|----------|
| Part No.:                     | Leak test | Burst pressure test   |         | t (s) | E (J) | RPN (mm) |
| 1                             | 1.0x10-10 | Delivered to customer |         | 0,534 | 660   | 1,70     |
| 2                             | 1.0x10-10 |                       |         | 0,492 | 578   | 1,70     |
| 3                             | 1.0x10-10 |                       |         | 0,473 | 571   | 1,70     |
| 4                             | 1.0x10-10 |                       |         | 0,471 | 587   | 1,70     |
| 5                             | 1.0x10-10 |                       |         | 0,764 | 577   | 1,70     |
| 6                             | 1.0x10-10 | 49                    | cover   | 0,487 | 610   | 1,70     |
| 7                             | 1.0x10-10 | 48                    | cover   | 0,466 | 576   | 1,70     |
| 8                             | 1.0x10-10 | 50                    | Welding | 0,471 | 585   | 1,70     |
| 9                             | 5,4x10-3  | 54                    | cover   | 0,458 | 570   | 1,70     |
| 10                            | 1.0x10-10 | 48                    | Welding | 0,439 | 561   | 1,70     |
| 11                            | 1.0x10-10 | 51                    | cover   | 0,456 | 572   | 1,70     |
| 12                            | 1.0x10-10 | 54                    | cover   | 0,477 | 596   | 1,70     |
| 13                            | 1.0x10-10 | 48                    | cover   | 0,435 | 554   | 1,70     |
| 14                            | 1.0x10-10 | 52                    | cover   | 0,468 | 607   | 1,70     |
| 15                            | 1.0x10-10 | 49                    | cover   | 0,458 | 580   | 1,70     |

Tabulka 8 - skupina č. 2 (vlastní měření)

| Test results acc. To "Cell C" |           |                       |       |       |       |          |
|-------------------------------|-----------|-----------------------|-------|-------|-------|----------|
| Part No.:                     | Leak test | Burst pressure test   |       | t (s) | E (J) | RPN (mm) |
| 1                             | 1.0x10-10 | Delivered to customer |       | 0,732 | 952   | 1,70     |
| 2                             | 1.0x10-10 |                       |       | 0,498 | 664   | 1,70     |
| 3                             | 1.0x10-10 |                       |       | 0,501 | 670   | 1,70     |
| 4                             | 1.0x10-10 |                       |       | 0,588 | 790   | 1,70     |
| 5                             | 1.0x10-10 |                       |       | 0,513 | 663   | 1,70     |
| 6                             | 1.0x10-10 | 50                    | cover | 0,524 | 676   | 1,70     |
| 7                             | 1.0x10-10 | 50                    | cover | 0,511 | 683   | 1,70     |
| 8                             | 1.0x10-10 | 50                    | cover | 0,514 | 681   | 1,70     |
| 9                             | 1.0x10-10 | 47                    | cover | 0,519 | 671   | 1,70     |
| 10                            | 1.0x10-10 | 48                    | cover | 0,512 | 682   | 1,70     |
| 11                            | 1.0x10-10 | 47                    | cover | 0,501 | 693   | 1,70     |
| 12                            | 1.0x10-10 | 50                    | cover | 0,501 | 675   | 1,70     |
| 13                            | 1.0x10-10 | 51                    | cover | 0,500 | 666   | 1,70     |
| 14                            | 1.0x10-10 | 52                    | cover | 0,516 | 650   | 1,70     |
| 15                            | 1.0x10-10 | 49                    | cover | 0,518 | 658   | 1,70     |

Tabulka 9 – skupina č. 3 (vlastní měření)

| Test results acc. To "Cell D" |           |                       |       |       |       |          |
|-------------------------------|-----------|-----------------------|-------|-------|-------|----------|
| Part No.:                     | Leak test | Burst pressure test   |       | t (s) | E (J) | RPN (mm) |
| 1                             | 1.0x10-10 | Delivered to customer |       | 0,563 | 673   | 1,70     |
| 2                             | 1.0x10-10 |                       |       | 0,525 | 638   | 1,70     |
| 3                             | 1.0x10-10 |                       |       | 0,532 | 624   | 1,70     |
| 4                             | 1.0x10-10 |                       |       | 0,475 | 599   | 1,70     |
| 5                             | 1.0x10-10 |                       |       | 0,481 | 570   | 1,70     |
| 6                             | 1.0x10-10 | 50                    | cover | 0,439 | 563   | 1,70     |
| 7                             | 1.0x10-10 | 48                    | cover | 0,446 | 576   | 1,70     |
| 8                             | 1.0x10-10 | 52                    | cover | 0,438 | 556   | 1,70     |
| 9                             | 1.0x10-10 | 51                    | cover | 0,463 | 583   | 1,70     |
| 10                            | 1.0x10-10 | 48                    | cover | 0,448 | 573   | 1,70     |
| 11                            | 1.0x10-10 | 47                    | cover | 0,448 | 575   | 1,70     |
| 12                            | 1.0x10-10 | 53                    | cover | 0,459 | 552   | 1,70     |
| 13                            | 1.0x10-10 | 51                    | cover | 0,462 | 578   | 1,70     |
| 14                            | 1.0x10-10 | 50                    | cover | 0,434 | 547   | 1,70     |
| 15                            | 1.0x10-10 | 48                    | cover | 0,463 | 592   | 1,70     |

Tabulka 10 - skupina č. 4 (vlastní měření)

Leak test označuje výsledek měření těsnosti návarové hrany, burst pressure test je výsledek přetlakové destrukční zkoušky, t (s) je doba potřebná ke svaření dílu, E (J) je

energie ke svaření a RPN (mm) je bod spuštění. Všechny tyto parametry jsou pomocí tolerančního pole kontrolovány a vyhodnocovány ultrazvukovou svářecí stanicí.

Z výše uvedených výsledků vyplývá fakt, že díly je nutno svařit maximálně do 2 hodin od vylisování dílů, delší prodleva ovlivňuje nesprávné parametry svářecí soupravy, v tomto případě se energie pohybuje pod tolerančním pásmem a to jak v případě skupiny B, tak i skupiny D.

### 2.8.2 Vliv vlhkosti

Dalším pokus byla studie s umělým nasátím vlhkosti do dílů pomocí kondicionovací pece. Zde byly díly uloženy na 24 hodin do 90°C při 40% vlhkosti.

Díly byly již svařené, po vyjmutí dílů z pece byla provedena destrukční zkouška. Výsledky této zkoušky zobrazuje následující tabulka:

| Číslo dílu | Výsledek tlakové zkoušky (bar) | Místo destrukce |
|------------|--------------------------------|-----------------|
| 1          | 45                             | stěna dílu      |
| 2          | 40                             | stěna dílu      |
| 3          | 48                             | stěna dílu      |
| 4          | 43                             | stěna dílu      |
| 5          | 45                             | stěna dílu      |
| 6          | 50                             | stěna dílu      |
| 7          | 44                             | stěna dílu      |
| 8          | 45                             | stěna dílu      |
| 9          | 42                             | místo sváru     |
| 10         | 40                             | místo sváru     |

Tabulka 11 - vliv vlhkosti na hotovém díle (vlastní měření)

### 2.8.3 Testování jiného materiálu

Na základě doporučení od výrobce ultrazvukové svářecí stanice byly ve spolupráci s technologií vytipovány tři jiné materiály, které by mohly být pro tento typ výroby vhodnější a mohly by zaručit lepší a stabilnější výrobu dílů.

Pro tento experiment byly nadefinovány tyto materiály:

- Materiál 1
- Materiál 2

- Materiál 3

Přímo určen pro svařování je Materiál 2, zbývající dva byly nadefinovány spíše pro porovnání se současným materiálem a potvrzením si tvrzení o vlivu různého materiálu na kvalitu svařování. Materiál 1 a 2 je se stejným poddílem skelných vláken tak, jak je předepsán ve výkresové dokumentaci, materiál 3 má pak poddíl vláken vyšší.

Vstřikovací parametry byly nastaveny dle doporučení výrobce materiálu a jednotlivé díly byly změřeny standardním způsobem dle výkresové dokumentace:

- Materiál 1:

| Name                              | ID   | Aktual  | Nominal | pos Tol | neg Tol | Diff    | <-- --> |
|-----------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ----- Ebenheit - A -----          |      |         |         |         |         |         |         |
| Ebenheit_A                        | Rov  | 0.0633  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0633  | ---     |
| ----- I37,00 - I37,20 GX-GN ----- |      |         |         |         |         |         |         |
| I37,00-I37,20_GX-Pferch           | D    | 37.0672 | 37.2000 | 0.0000  | -0.2000 | -0.1328 | --      |
| I37,00-I37,20_GN-Hüll             | D    | 37.1477 | 37.2000 | 0.0000  | -0.2000 | -0.0523 | ---     |
| I37,00-I37,20_Rundheit            | Kruh | 0.0509  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0509  | ---     |
| ----- I41,30 - I41,45 GX-GN ----- |      |         |         |         |         |         |         |
| I41,30-I41,45_GX-Pferch           | D    | 41.3332 | 41.3000 | 0.1500  | 0.0000  | 0.0332  | --      |
| I41,30-I41,45_GN-Hüll             | D    | 41.4165 | 41.3000 | 0.1500  | 0.0000  | 0.1165  | ---     |
| I41,30-I41,45_Rundheit            | Kruh | 0.0478  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0478  | ---     |
| ----- I42,82 - I42,98 GX-GN ----- |      |         |         |         |         |         |         |
| I42,82-I42,98_GX-Pferch           | D    | 42.8440 | 42.9800 | 0.0000  | -0.1600 | -0.1360 | --      |
| I42,82-I42,98_GN-Hüll             | D    | 42.9506 | 42.9800 | 0.0000  | -0.1600 | -0.0294 | ---     |
| I42,82-I42,98_Rundheit            | Kruh | 0.0553  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0553  | ---     |

Obrázek 5 - měření: spodní díl, materiál 1 (vlastní měření)

| Name                              | ID   | Aktual  | Nominal | pos Tol | neg Tol | Diff    | <-- --> |
|-----------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ----- Ebenheit - A -----          |      |         |         |         |         |         |         |
| Ebenheit_A                        | Rov  | 0.0564  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0564  | ---     |
| ----- I41,05 - I41,20 GX-GN ----- |      |         |         |         |         |         |         |
| I41,05-I41,20 GX-Pferch           | D    | 41.0336 | 41.2000 | 0.0000  | -0.1500 | -0.1664 | -0.0164 |
| I41,05-I41,20 GN-Hüll             | D    | 41.1854 | 41.2000 | 0.0000  | -0.1500 | -0.0146 | ---     |
| I41,05-I41,20 Rundheit            | Kruh | 0.0777  | 0.0000  | 0.1000  |         | 0.0777  | ---     |
| ----- I42,48 - I42,66 GX-GN ----- |      |         |         |         |         |         |         |
| I42,48-I42,66 GX-Pferch           | D    | 42.4829 | 42.6600 | 0.0000  | -0.1800 | -0.1771 | ----    |
| I42,48-I42,66 GN-Hüll             | D    | 42.6387 | 42.6600 | 0.0000  | -0.1800 | -0.0213 | ---     |
| I42,48-I42,66 Rundheit            | Kruh | 0.0835  | 0.0000  | 0.1000  |         | 0.0835  | ---     |

Obrázek 6 - měření: vrchní díl, materiál 1 (vlastní měření)

• Materiál 2

| Name                                                         | ID   | Aktual  | Nominal | pos Tol | neg Tol | Diff    | <-- --> |
|--------------------------------------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ----- Ebenheit - A -----                                     |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: red;">■</span> Ebenheit_A                | Rov  | 0.0973  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0973  | 0.0173  |
| ----- I37,00 - I37,20 GX-GN -----                            |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: green;">■</span> I37,00-I37,20_GX-Pferch | D    | 37.1128 | 37.2000 | 0.0000  | -0.2000 | -0.0872 | -       |
| <span style="color: green;">■</span> I37,00-I37,20_GN-Hüll   | D    | 37.1943 | 37.2000 | 0.0000  | -0.2000 | -0.0057 | ---     |
| <span style="color: green;">■</span> I37,00-I37,20_Rundheit  | Kruh | 0.0452  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0452  | ---     |
| ----- I41,30 - I41,45 GX-GN -----                            |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: green;">■</span> I41,30-I41,45_GX-Pferch | D    | 41.3817 | 41.3000 | 0.1500  | 0.0000  | 0.0817  | -       |
| <span style="color: red;">■</span> I41,30-I41,45_GN-Hüll     | D    | 41.4956 | 41.3000 | 0.1500  | 0.0000  | 0.1956  | 0.0456  |
| <span style="color: green;">■</span> I41,30-I41,45_Rundheit  | Kruh | 0.0647  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0647  | ---     |
| ----- I42,82 - I42,98 GX-GN -----                            |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: green;">■</span> I42,82-I42,98_GX-Pferch | D    | 42.8896 | 42.9800 | 0.0000  | -0.1600 | -0.0904 | -       |
| <span style="color: red;">■</span> I42,82-I42,98_GN-Hüll     | D    | 43.0459 | 42.9800 | 0.0000  | -0.1600 | 0.0659  | 0.0659  |
| <span style="color: red;">■</span> I42,82-I42,98_Rundheit    | Kruh | 0.0816  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0816  | 0.0016  |

Obrázek 7 - měření, spodní díl, materiál 2 (vlastní měření)

| Name                                                         | ID   | Aktual | Nominal | pos Tol | neg Tol | Diff   | <-- --> |
|--------------------------------------------------------------|------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|
| ----- Ebenheit - A -----                                     |      |        |         |         |         |        |         |
| <span style="color: green;">■</span> Ebenheit_A              | Rov  | 0.080  | 0.000   | 0.080   |         | 0.080  | ---     |
| ----- I41,05 - I41,20 GX-GN -----                            |      |        |         |         |         |        |         |
| <span style="color: red;">■</span> I41,05-I41,20 GX-Pferch   | D    | 41.023 | 41.200  | 0.000   | -0.150  | -0.177 | -0.027  |
| <span style="color: green;">■</span> I41,05-I41,20 GN-Hüll   | D    | 41.188 | 41.200  | 0.000   | -0.150  | -0.012 | ---     |
| <span style="color: green;">■</span> I41,05-I41,20 Rundheit  | Kruh | 0.100  | 0.000   | 0.100   |         | 0.100  | ---     |
| ----- I42,48 - I42,66 GX-GN -----                            |      |        |         |         |         |        |         |
| <span style="color: green;">■</span> I42,48-I42,66 GX-Pferch | D    | 42.542 | 42.660  | 0.000   | -0.180  | -0.118 | --      |
| <span style="color: red;">■</span> I42,48-I42,66 GN-Hüll     | D    | 42.667 | 42.660  | 0.000   | -0.180  | 0.007  | 0.007   |
| <span style="color: green;">■</span> I42,48-I42,66 Rundheit  | Kruh | 0.072  | 0.000   | 0.100   |         | 0.072  | ---     |

Obrázek 8 - měření, vrchní díl, materiál 2 (vlastní měření)

- Materiál 3

| Name                                                         | ID   | Aktual  | Nominal | pos Tol | neg Tol | Diff    | <-- --> |
|--------------------------------------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ----- Ebenheit - A -----                                     |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: red;">■</span> Ebenheit_A                | Rov  | 0.0993  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0993  | 0.0193  |
| ----- I37,00 - I37,20 GX-GN -----                            |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: green;">■</span> I37,00-I37,20_GX-Pferch | D    | 37.1006 | 37.2000 | 0.0000  | -0.2000 | -0.0994 | -       |
| <span style="color: green;">■</span> I37,00-I37,20_GN-Hüll   | D    | 37.1964 | 37.2000 | 0.0000  | -0.2000 | -0.0036 | -       |
| <span style="color: green;">■</span> I37,00-I37,20_Rundheit  | Kruh | 0.0568  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0568  | -       |
| ----- I41,30 - I41,45 GX-GN -----                            |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: green;">■</span> I41,30-I41,45_GX-Pferch | D    | 41.3610 | 41.3000 | 0.1500  | 0.0000  | 0.0610  | -       |
| <span style="color: red;">■</span> I41,30-I41,45_GN-Hüll     | D    | 41.4627 | 41.3000 | 0.1500  | 0.0000  | 0.1627  | 0.0127  |
| <span style="color: green;">■</span> I41,30-I41,45_Rundheit  | Kruh | 0.0565  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0565  | -       |
| ----- I42,82 - I42,98 GX-GN -----                            |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: green;">■</span> I42,82-I42,98_GX-Pferch | D    | 42.8735 | 42.9800 | 0.0000  | -0.1600 | -0.1065 | -       |
| <span style="color: red;">■</span> I42,82-I42,98_GN-Hüll     | D    | 43.0138 | 42.9800 | 0.0000  | -0.1600 | 0.0338  | 0.0338  |
| <span style="color: green;">■</span> I42,82-I42,98_Rundheit  | Kruh | 0.0752  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0752  | -       |

**Obrázek 9 - měření, spodní díl, materiál 3 (vlastní měření)**

| Name                                                         | ID   | Aktual  | Nominal | pos Tol | neg Tol | Diff    | <-- --> |
|--------------------------------------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ----- Ebenheit - A -----                                     |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: red;">■</span> Ebenheit_A                | Rov  | 0.0871  | 0.0000  | 0.0800  |         | 0.0871  | 0.0071  |
| ----- I41,05 - I41,20 GX-GN -----                            |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: red;">■</span> I41,05-I41,20 GX-Pferch   | D    | 41.0301 | 41.2000 | 0.0000  | -0.1500 | -0.1699 | -0.0199 |
| <span style="color: green;">■</span> I41,05-I41,20 GN-Hüll   | D    | 41.1827 | 41.2000 | 0.0000  | -0.1500 | -0.0173 | -       |
| <span style="color: red;">■</span> I41,05-I41,20 Rundheit    | Kruh | 0.1087  | 0.0000  | 0.1000  |         | 0.1087  | 0.0087  |
| ----- I42,48 - I42,66 GX-GN -----                            |      |         |         |         |         |         |         |
| <span style="color: green;">■</span> I42,48-I42,66 GX-Pferch | D    | 42.5147 | 42.6600 | 0.0000  | -0.1800 | -0.1453 | ---     |
| <span style="color: green;">■</span> I42,48-I42,66 GN-Hüll   | D    | 42.6495 | 42.6600 | 0.0000  | -0.1800 | -0.0105 | -       |
| <span style="color: green;">■</span> I42,48-I42,66 Rundheit  | Kruh | 0.0804  | 0.0000  | 0.1000  |         | 0.0804  | -       |

**Obrázek 10 - měření, vrchní díl, materiál 3 (vlastní měření)**

Z výsledků výše uvedeného měření, které bylo vyhotoveno na 1 ks od každého z dílu pro každý materiál vyplývá, že odchylky od výkresové dokumentace zde existují, nicméně se nejedná o odchylky tak závažné, které by byly možné odstranit v případě náběhu výroby s novým materiálem pomocí vstřikovacích parametrů bez nutného zásahu do vstřikovacího nástroje.

Materiál 1 a 2 je použitelný, materiál 3 je nevhodný z důvodu toho, že má větší podíl skelných vláken a výrobní nástroj nebyl na tento typ materiálu navržen.

## Návrh řešení a doporučení pro praxi

Z výše uvedených informací a výsledků testování jsem dospěla k jistým závěrům, které jsou jak formou doporučení, tak i návrhy na případné změny jak v procesu, tak i v designu dílu.

V první řadě se jedná o destrukční zkoušku. Přetlaková destrukční zkouška se provádí každou hodinu a to na 2 ks. Dle mého názoru je tato četnost nesmyslná a v tomto případě jsme měli jako firma zaujmout zamítavý postoj, protože tímto požadavkem vznikají velké náklady na obou stranách. Jedná se o destrukční zkoušku, tudíž díl nemůže být dále použit a vznikají náklady na použitý materiál a komponenty, tak i náklady na likvidaci těchto neshodných dílů.

Taktéž z tzv. Ishikawova diagramu vyplynuly některé skutečnosti, které je nutné brát v úvahu. Jedná se především o používaný materiál, jeho zvolení nebylo na počátku projektu úplně vhodné, taktéž také pak o design celého dílu. Větší důraz měl být určitě kladen v průběhu vývoje dílu. Jde především o stanovení tolerancí rovinnosti a kruhovitosti návarové hrany.

Dále zde existuje faktický požadavek zákazníka, který je uveden ve výkrese a tím je i pro zákazníka nešťastná formulace požadavku na provedení přetlakové destrukční zkoušky v rozmezí 60 – 120 minut od doby svaření dílů, což bohužel odporuje faktu, na který nás zákazník často upozorňuje a tím je nalezení neshodných dílů při vstupní kontrole u zákazníka.

Při ekonomických analýzách vztahu nákladů a zmetkovitosti, které ukazuje graf č. 1, 2 a 3, jsem bohužel našla nesrovnalosti především ve smyslu nepříliš dobrého řízení celého procesu a toto bude nezbytnou součástí návrhů na vyřešení tohoto problému. V grafu č. 1 se křivka nákladů a zmetkovitosti při ultrazvukovém svařování kopíruje, bohužel toto není zřejmé v grafu č. 2 a 3. Graf č. 4 pak ukazuje procento zmetkovitosti u jednotlivých procesů. Z tohoto grafu není ale možné zjistit jakoukoli závislost v čase, kdy jsme schopni říci, který měsíc byl na celkovou zmetkovitost lepší a který byl horší. V grafu č. 5 je zřejmé, že zmetkovitost na finálním díle a ultrazvukovém svařování neproказuje závislost, otázkou tedy ale zůstává, proč nám zákazník neustále posílá reklamace na neshodné díly. Graf č. 6 pak ukazuje fakt, že se zvyšující se zmetkovitostí na zkoušce těsnosti, klesá zmetkovitost na finálním dílu. Zde se objevuje nějaká

anomálie, která musí být brána v úvahu a podrobněji přezkoumána. Graf č. 7 a č. 8 pak vykazuje závislost zmetkovitosti i nákladů na testu těsnosti a ultrazvukovém svařování, což je v pořádku. Taktéž graf č. 9 ukazuje závislost nákladů na neshodné díly u finálního produktu na ultrazvukovém svařování. Výsledkem těchto analýz je nutnost přezkoumání celého procesu jak zaznamenávání neshodných dílů, tak i v řízení tohoto procesu. Samozřejmě byl zohledněn fakt přeceňování hodnoty dílu ve sledovaném období, výsledky to ale zásadním způsobem neovlivnilo.

Na základě vypracování samotného diagramu možných příčin a následků bylo shledáno, že problémů může být způsobem především specifikovaným materiálem a jeho problémem s absorpcí vlhkosti a druhým aspektem je také vliv stávající konstrukce formy.

V průběhu DOE jsme pak vyzkoušeli nejprve závislost času při jednotlivých krocích procesu. Testem se neprokázalo nic nového, současný proces probíhá přesně tak, jak ukazují výsledky, a nepřineslo nám to nové informace.

Druhé testování, testování dalších materiálu pak přinesl takové výsledky, které ukázali, že současný materiál není úplně vhodný na proces ultrazvukového svařování a nejvíce vhodný pro tento díl je materiál přímo stanovený výrobcem zařízení. Všechny výsledky jsme prezentovali našemu zákazníkovi, ten se ale k tomuto problému staví trochu opačně a neustále prosazuje změnu procesu při výrobě dílu. Několikrát jsme ale poukazovali na skutečnost, že s námi, jako výrobcem dílu nebyly v počátku projektu diskutovány veškeré požadavky (dlouhodobý zátěžový test), nebyli jsme zapojeni do vývoje tohoto projektu a v určitých případech, jako je tento, je určitě mnohem vhodnější toto diskutovat i směrem k dodavatelům výrobních technologií ve větší míře.

Zásadní doporučení je ale určitě v ohledu FMEA, což je analýza možných způsobů a důsledků závad, která je základním dokumentem a nástrojem především v automobilovém průmyslu. Zde je potřeba provést zásadní změnu především v hodnocení (odhalitelnost, významnost a výskyt) a tuto zkušenost pak dále převádět do dalších projektů.

Pokud tyto doporučení a návrhy na zlepšení budeme převádět do ekonomických hodnot, pokud bychom se domluvili se zákazníkem ohledně minimalizování testování na

vysokotlaké destrukční zkoušce, tak, jak bylo domluveno na počátku projektu, jednalo by se o úsporu 12 ks za směnu, tj. 720 ks za měsíc.

Materiál, který byl při testování shledán jako nejvhodnější, je ale bohužel o 100% na 1kg dražší, toto by mělo pak za následek otevření jednání se zákazníkem o nějakém kompromisu. Na druhou stranu by se významně snížili náklady na zmetkovitost.

Velkou investicí by určitě byla změna designu formy, která se běžně pohybuje v řádech desítek tisíc EUR, v případě, že by se jednalo o velký zásah do nástroje. I toto by musel být bod pro otevřené jednání.

Jediné, co vidím jako nejrychlejší a nejlevnější doporučení, je určitě přezkoumání řízení celého procesu a zlepšení procesů v projektovém managementu.

## **Závěr**

Cílem této práce bylo rozebrání neshod jak v ekonomickém, tak i v technickém aspektu.

Určitě jsme získali spoustu výsledků, které nás navedly na správnou cestu ke komplexnímu vyřešení tohoto problému, ještě bude ale potřeba nějaký čas na to, abychom toto předvedli zákazníkovi a spolu s ním dohodli další postupy, které by vedly ke spokojenosti obou stran, ke snížení nákladů, zmetkovitosti a zastavení neustálého zasílání reklamací, které jsou z naší strany zamítány z důvodu nejasností a nestanovení jasných pravidel v procesech a v požadavcích zákazníka.

### 3 Citovaná literatura

- Anon., 2015. *Lean Six Sigma Workbook*. Brno, SC&C Partner, spol. s r.o..
- Bjorn Andersen, T. F., 2011. *Analýza kořenových příčin*. 2. editor Praha: Česká společnost pro jakost.
- Frank, J. H., 2001. *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA)*. 3. editor Praha: Česká společnost pro jakost.
- Ultratech, 2014. *Ultrazvukové aplikace. Ultrazvukové svařování plastů*. [Online] Available at: [www.ultratech.cz](http://www.ultratech.cz) [Přístup získán 12 Duben 2018].
- Zeman, L., 2009. *Vstřikování plastů*. 1. editor Praha: Nakladatelství BEN - technická literatura.