



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



Zefektivňování výrobních a logistických procesů

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Denisa Slaninová**
Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. František Manlig



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Denisa Slaninová**
Osobní číslo: **S16000435**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Zefektivňování výrobních a logistických procesů**
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

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

Cílem práce je analýza výrobního/logistického procesu ve vybraném podniku včetně návrhů nápravných opatření.

1. Úvod do problematiky (logistika, zefektivňování procesů).
2. Popis a kritická analýza vybraných procesů, odkrytí rezerv.
3. Návrhy opatření na zlepšení stávajícího stavu.
4. Vyhodnocení návrhů, porovnání se současným stavem.
5. Závěr a zhodnocení práce.

Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Základní literatura:

- [1] LIKER, J. Tak to dělá Toyota. Praha: Management press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
[2] SIXTA, J. a V. MAČÁT. Logistika. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.
[3] IPA slovník [online slovník], 2015. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. František Manlig**
Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: **1. listopadu 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. února 2018**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2016

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 3. 1. 2017

Podpis:



Poděkování

Děkuji panu docentu Františku Manligovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za věcné připomínky a odbornou pomoc.

Poděkování také patří společnosti Mahle Behr Czech za podporu a povolení zveřejnění mé práce – mého projektu. Obzvláště Ing. Josefu Lehkému, který mi byl velkou oporou a vstřícným konzultantem.

Poděkování náleží i mé rodině, která mě plně podporovala po celou dobu studia.

Anotace

Předmětem této bakalářské práce je popis projektu, který má za úkol zjednodušení a zefektivnění výrobního procesu.

Klíčová slova:

Lean, Six Sigma, VSM, Letovací čepička, Aretační kolík

Annotation

The subject of this thesis is a description of the project, which aims to simplify and streamline the process.

Key words:

Lean, Six Sigma, VSM, Brazing cap, Fixation pin

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod..... | 8 |
| 1. Náhled do problematiky – zefektivňování procesů..... | 9 |
| 1.1. Metoda Lean..... | 9 |
| 1.2. Cíl Leanu – zlepšování procesů, jeho základní principy..... | 9 |
| 1.2.1. Specifikace hodnoty..... | 10 |
| 1.2.2. Odstranění plýtvání..... | 10 |
| 1.2.3. Tok procesu..... | 13 |
| 1.2.4. Systém tahu..... | 14 |
| 1.2.5. Dokonalost | 15 |
| 1.3. Spojení Lean & Six Sigma..... | 15 |
| 2. Popis a kritická analýza vybraného procesu, odkrytí rezerv..... | 16 |
| 2.1. Představení společnosti..... | 16 |
| 2.2. Vybraný proces..... | 16 |
| 2.3. Seznámení se s procesem a odkrytí rezerv..... | 17 |
| 2.4. Hledání potenciálu ke zlepšení | 17 |
| 3. Návrhy opatření na zlepšení stávajícího stavu..... | 19 |
| 3.1. Stanovení cíle..... | 19 |
| 3.2. Prvotní analýza..... | 19 |
| 3.2.1. První prototypy..... | 21 |
| 3.2.2. První testy..... | 22 |
| 4. Vyhodnocení návrhů, porovnání se současným stavem..... | 25 |
| 4.1. Další analytická část..... | 25 |
| 4.2. Pozice fixačního otvoru..... | 26 |
| 4.3. Stav současných čepiček..... | 28 |
| 4.4. Modifikace prototypů..... | 29 |
| 5. Rizika a kritická místa projektu..... | 32 |
| 5.1. Aretační kolík..... | 32 |
| 5.2. Jiný způsob fixace podpěr..... | 32 |
| 5.3. Úpravy nebo nové podpěry?..... | 33 |

| | |
|---|----|
| 6. Implementace uni-čepičky do výroby..... | 34 |
| 6.1. Postupné zavádění..... | 34 |
| 6.2. První ohlasy..... | 35 |
| 6.3. Nezbytný kalibr..... | 35 |
| 6.4. Standard pro nové projekty..... | 35 |
| 6.5. Pozitivní vliv i v jiných oblastech..... | 36 |
| 6.6. Konečná fáze..... | 36 |
| 7. Uzavření a zhodnocení projektu..... | 38 |
| 8. Závěr | 39 |
| Seznam použité literatury..... | 40 |
| Přílohy..... | 41 |

Úvod

Pomocí různých metod lze dosáhnout zefektivnění výrobních a logistických procesů. A to na základě přístupu k výrobě způsobem, kdy se vlastník procesu snaží uspokojit v maximální míře zákaznickou požadavky tím, že bude vyrábět jen to, co zákazník požaduje. Snaží se vytvářet produkty v co možná nejkratší době a pokud možno s minimálními náklady, bez ztráty kvality nebo na úkor zákazníka. Dosáhne toho minimalizací plýtvání a snížením variability procesu.

Každá firma se v dnešní době snaží různými způsoby snižovat náklady na výrobu. Tento projekt vznikl na podnět společnosti MAHLE Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. za účelem snížení logistické náročnosti a zprůhlednění procesního toku letování. Použita je zde metoda Lean.

Cílem této bakalářské práce je poukázat na vhodnost a důležitost při užití v praxi. Ačkoliv není přímo vyčíslena finanční úspora, její přínos je z hlediska popisovaného výrobního procesu nezanedbatelný.

První část je zaměřena na teoretické znalosti z oblasti metody Lean. Zvyšováním rychlosti procesů a odstraňováním plýtvání se snižuje investovaný kapitál.

Praktická část je věnována popisu projektu, který díky této metodě splnil a dokonce překročil svůj předem nadefinovaný cíl. Pouhým zanalyzováním procesu, jeho vstupních a výstupních parametrů, je řešení projektu nasnadě.

Závěrečná část se zabývá vyhodnocením celého projektu, jeho přínosy a klady ve výrobním procesu. Prospěšnost užívání metody Lean je tímto potvrzena příkladem z praxe.

1. Náhled do problematiky – zefektivňování procesů

1.1. Metoda Lean

Metoda Lean pochází z Toyota Production System (TPS) a společně s přístupy Six Sigma hraje hlavní úlohu mezi trendy, které se prosazují v oblastech výroby za posledních několik let. V době, kdy automobilky Ford a GM šetřily náklady výroby hlavně ve formě hromadné, sériové výroby, musela Toyota přistupovat k výrobě dosti odlišným způsobem. Jelikož byl trh v poválečném Japonsku velmi malý a náročnost zákazníků odlišná, musela Toyota reagovat svou pružností. Osvojila si zásadní poznatky: zkrácením průběhové doby a udržováním pružnosti výrobních linek získala vyšší jakost, rychlejší reakci na požadavky zákazníků, vyšší produktivitu a lepší využití zařízení a prostoru. A to je základní princip metody Lean – minimalizovat činnosti nepřidávající hodnotu respektive odstranění plýtvání. [1]

1.2. Cíl Leanu – zlepšování procesů, jeho základní principy

Lean se zaměřuje na zlepšování procesů. Procesy, které jsou naprosto všude, trvají různou dobu. Cílem Leanu je tuto dobu zkrátit tzn., že se Lean zaměřuje na zrychlování procesů pomocí odstranění plýtvání a činností, které nepřidávají hodnotu v očích zákazníka. Je aplikací zdravého rozumu a jednoduchých nástrojů. Výsledky použití Leanu jsou v procesech vidět téměř okamžitě. [1]

Základními principy Leanu jsou [1]:

- specifikace hodnoty, kterou určuje zákazník,
- mapování procesu a odstranění plýtvání,
- zaměření se na tok neboli vzdálenost a doba, kterou produkt musí urazit,
- systém tahu tzn., že produkty jsou taženy poptávkou zákazníka
- dokonalost.

1.2.1. Specifikace hodnoty

Při specifikaci hodnoty je nutné se zaměřit na skutečnost, co zákazník opravdu požaduje, jaká je jeho představa o produktu, službě neboli za co je zákazník skutečně ochoten zaplatit. Proto při podrobném analyzování a zmapování procesu dělíme aktivity na ty, které přidávají hodnotu tzn. že fyzicky mění produkt, nebo mění informaci k obrazu zákazníka, přičemž jsou tyto aktivity vykonány napoprvé správně. Těm je třeba dát prioritu a ty ostatní eliminovat. Aktivity, které nepřidávají hodnotu, které nejsou podstatou pro vytvoření požadovaného výstupu, ty se snažíme minimalizovat. Některé z těchto činností jsou nařízené legislativou a některé jsou nutné pro chod a fungování společnosti. [1]

1.2.2. Odstranění plýtvání

Ve chvíli, kdy dokážeme oddělit činnosti na přidávající a nepřidávající hodnotu, zmapovat celý proces a určit svá úzká místa, můžeme nedostatky odstranit = eliminovat plýtvání. [1]

Metoda Lean definuje sedm základních druhů plýtvání [1]:

- defekty,
- nadprodukce,
- rozpracovanost,
- zbytečné pohyby,
- nadbytečné zpracování,
- doprava,
- čekání,
- někdy se uvádí i osmý druh plýtvání - lidský potenciál.

Jako defekty jsou označeny neshodné výrobky či informace, které se různými způsoby liší od specifikace dané zákazníkem. Jako ukazatel defektnosti firem slouží nejen ukazatel procent šrotu či interních defektů, ale také tzv. FTG neboli First Time Good – napoprvé správně.

Při nadprodukcí jsou ztráty uloženy ve skladech, ve výrobcích, které zatím nemají svého zákazníka a v některých případech ani svého zákazníka mít nebudou, neboť se v průběhu času mohou požadavky na produkt změnit.

Obdobně jsou na tom ztráty v rozpracovanosti. Pokud je doba toku výrobku a tedy i procesního času zbytečně dlouhá, riziko je zde v podobě ztráty popřípadě změny poptávky a požadavků zákazníka. Včerejší novinka na trhu může být zítra již zastaralá a nežádoucí. Čas ale není jediným potenciálním zdrojem ztrát. Pokud nastane chyba na výrobku, nějaký defekt na začátku procesu a my jej odhalíme až na konci, je při velké rozpracovanosti vše, co máme v toku procesu, neshodné a tudíž naše ztráta. Ať už ve formě šrotu či za cenu jeho dalších úprav a oprav.

Zbytečnými pohyby jsou myšleny například zadávaná data navíc. Informace, které nemají svého příjemce. Dále pak manipulace a hledání. Nikdo dobrovolně a vědomě neztrácí čas, úsilí ani své prostředky. Špagetový diagram pomáhá odhalit plýtvání mapováním a měřením vzdálenosti, kterou produkt nebo pracovník v procesu urazí.

Další ztrátou je nadbytečné zpracování. Zbytečná kontrola, zbytečné a nepotřebné testy, nadbytečné schvalování, zbytečnosti v návrhu výrobku, ale také duplicity v reportech. To vše je nadbytečné zpracování.

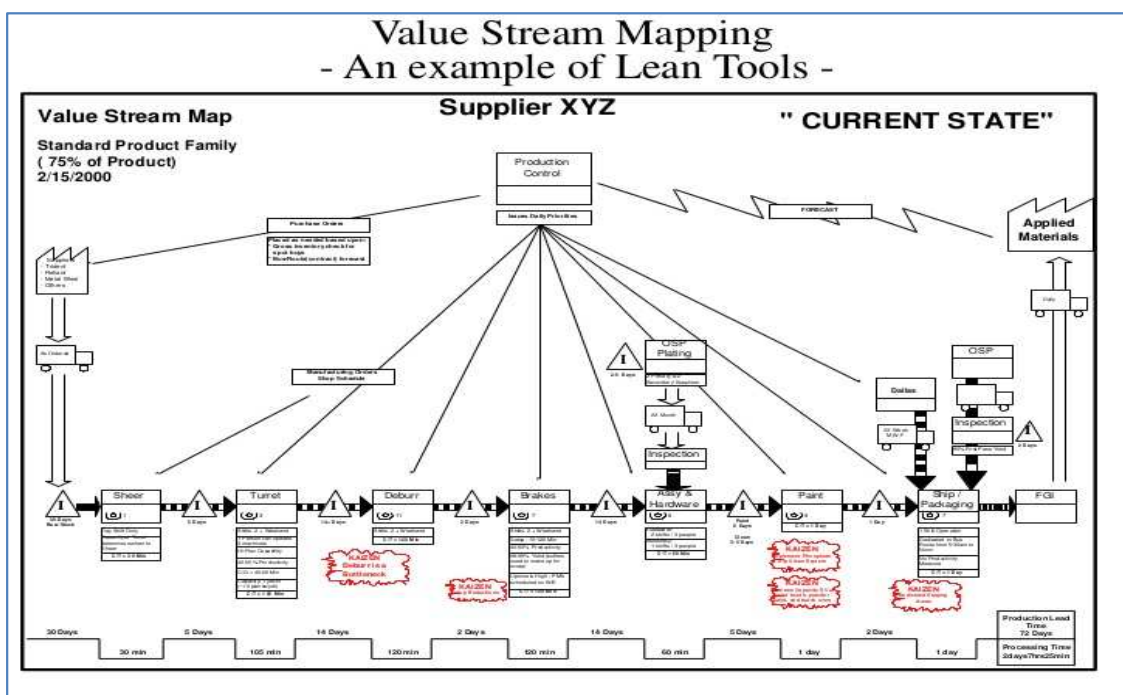
Doprava vždy byla, je a bude velkým potenciálem pro hledání ztrát a tím i úspor. Maximální využití balících a skladovacích jednotek jakož i nákladního prostoru při přepravě. V opačném případě je balen a přepravován vzduch.

Čekání, jak jistě všichni známe ze své praxe, je pro každého nepříjemné. Ve výrobním procesu je dokonce nákladné a také zbytečné. Čekání na materiál, na informace, na dokumenty. V každém případě lze tento čas minimalizovat nebo využít k jiné činnosti jako například čištění stroje nebo okolního pracoviště.

Doplněným druhem plýtvání je lidský potenciál. Často se lze setkat se situací, kdy vzdělaný a kvalifikovaný člověk pracuje na pozici dělníka, operátora ve výrobě. Stává se tak z různých důvodů - nedostatek odpovídajících pracovních pozic, finanční ohodnocení, výhoda v blízkosti pracoviště tzn. bez dojíždění za prací, ale neméně často je to z důvodů psychických. V dnešní uspěchané době vysoké posty manažerských pozic nesou s sebou obrovský tlak na duševno člověka.

1.2.3. Tok procesu

Pokud je jasná specifikace od zákazníka a je odstraněno plýtvání, lze optimalizovat procesní tok. Vhodným a komplexním nástrojem ke zmapování toku procesu je tzv. VSM – Value Stream Mapping (viz obr. 1). Zachycuje všechny kroky materiálového a informačního toku produktu na cestě od objednávky až k dodání zákazníkovi. [4]



Obrázek 1: Příklad VSM mapy

Součástí této mapy je analýza hodnotového toku a časová analýza. Funguje jako zdroj informací o rozpracovaném množství (WIP) tzn. o kusech v procesu - zásobách, pohledávkách, dokumentech, apod. Ukazuje propustnost (Exit Rate) tzn. výstup procesu, vyjádřený v jednotkách za čas, který je roven rychlosti operace představující úzké místo (Bottleneck). Dále také průběžnou dobu procesu (PLT) tzn. čas od uvedení polotovaru do procesu až do dokončení produktu (viz vzorec 1). [3]

$$\text{Průběžná doba procesu (PLT)} = \frac{\text{Rozpracovanost (WIP)}}{\text{Propustnost (Exit Rate)}}$$

Vzorec 1: Výpočet Průběžné doby procesu

Důležitou informací je čas přidávající hodnotu (VA) tzn. množství času, kdy je skutečně přidávána hodnota k produktu = čas, který je zákazník ochoten zaplatit. Na základě této mapy lze spočítat účinnost cyklu procesu (PCE) tzn. relativní účinnost procesu (viz vzorec 2). [3]

$$\text{Účinnost cyklu procesu (PCE)} = \frac{\text{Čas přidávající hodnotu (VA)}}{\text{Průběžná doba procesu (PLT)}}$$

Vzorec 2: Výpočet Účinnosti cyklu procesu

1.2.4. Systém tahu

Lean pro řízení procesu zavádí systémy tahu, které omezují množství rozpracovanosti za účelem řízení průběžné doby (stabilizace procesu). Systém tahu je opakem tlaku, který nastává, když jsou v procesu stroje s různou kapacitou a před některými pracovišti se hromadí zásoby, protože kapacita předcházejícího místa byla větší než kapacita toho následujícího, a vyrobené množství tak tlačí na takzvané úzké místo, které se nachází před ním. [1]

Systém tahu je založen na myšlence, že by se měla spouštět výroba na zařízení teprve ve chvíli, kdy máme informaci z následujícího pracoviště o volné kapacitě pro výrobu. Snahou v procesech řízených tahem bývá rozdělit pracovní operace časově tak, aby byly rovnoměrné a nikde se nehromadily rozpracované kusy ve větší míře, než je vypočítaná optimální dávka. Vzniká tak plynulý tok ve výrobním procesu. V praxi mívá systém tahu často podobu, které se říká KANBAN. Kanban znamená v japonštině kartičku. Ve výrobě to pak znamená, že od následujících pracovních operací přicházejí kartičky, které jsou zároveň pokynem pro spuštění výroby na dané pracovní operaci. [1]

Výroba i logistika jsou tak vlastně taženy od poslední operace a nikde nevznikají mezi pracovišti mezisklady. Jindy mívá KANBAN podobu ozna-

čených přepravek na zpracovávané díly a mezi každou operací koluje jen takové množství těchto přepravek, které umožňuje plynulost výroby (někdy stačí třeba i dvě nebo tři). Odebere-li dělník z jedné takovéto přepravky všechen materiál, posouvá přepravku na regálu do místa, kde ji odebere buď dělník z předcházející operace, nebo pracovník podnikové logistiky, a přepravka se může znovu naplňovat. [1]

1.2.5. Dokonalost

Posledním principem metodiky Lean je dokonalost. Jedná se o uspokojování požadavků zákazníka bez nutnosti kontrol, tedy zvládnutý proces fungující napoprvé, bez chyb a bez plýtvání. Dokonalosti lze dosáhnout pomocí různých metod a nástrojů např. Kanban; tok jednoho kusu; zamezování chybám; rychlé přenastavení; pořádek na pracovišti (5S), vizuální management; standardizace; nový návrh procesu (redukce počtu kroků tzn. zvýšení výtěžnosti, vybalancování, nastavení na takt daný požadavky zákazníka...). To vše a spousta dalších kroků může vést k dokonalosti procesu. [1]

1.3. Spojení Lean & Six Sigma

Proč tedy spojení Lean & Six Sigma? Six Sigma zvyšuje kvalitu procesu snižováním variability, vede ke stabilizaci a standardizaci procesů, protože pracuje s neznámými příčinami často skrytých problémů. Lean zvyšuje rychlost procesů a snižuje investovaný kapitál odstraněním plýtvání.

Při zlepšování se doporučuje nejprve použít metody Lean, která odstraní z procesu základní plýtvání a umožní následně metodám a nástrojům Six Sigma vidět skutečnou podstatu problémů. Vzájemná kombinace a použití metod Lean a Six Sigma pak vede k maximalizaci dosažených výsledků. [3]

2. Popis a kritická analýza vybraného procesu, odkrytí rezerv

2.1. Představení společnosti

Firma MAHLE Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. (viz obr. 2) vznikla v lednu 2000 a nyní čítá více než jeden tisíc zaměstnanců. Zabývá se výrobou a prodejem autoklimatizací, chladičů a chladících modulů a topení. Výrobní procesy firmy jsou rozděleny na části tzv. fraktály podle oblasti zaměření.

Obrázek 2: Firma MAHLE Behr Mnichovo Hradiště s.r.o.



2.2. Vybraný proces

Manažer fraktálu popřípadě vedoucí oddělení, který je zodpovědný za jemu svěřený proces, stanovuje oblasti, do nichž by měly být směřovány aktivity trvalého zlepšování. Prioritizuje výběr problematické oblasti a z ní definuje úkol. Zároveň odstraňuje vnitřní bariéry, které by mohly bránit úspěšnému rozvoji. Jednotlivé úkoly jsou nominovány a vedeny jako Lean Six Sigma projekty, ve kterých zastávám pozici leadera.

Jeden z projektů se týká zjednodušení a zprůhlednění celého procesu letování malých modulů. Jelikož vyrábíme na několik desítek různých modulů, je právě tato problematika na snaze.

2.3. Seznámení se s procesem a odkrytí rezerv

První část projektu je čistě analytická - veškeré informace o všech vyráběných modulech, jejich polotovarech, jejich procesech, potřebách a vlastnostech, které jsou v mnoha ohledech od sebe rozdílné. To vše shromáždit, roztrždit, zanalyzovat a vyhodnotit. Pomocí VSM byl podrobně zmapován proces kazetování a letování. Součástí analýzy jsou také informační a materiálové toky, na sebe navazující procesní kroky, velikost rozpracovanosti a zásob, časová osa celého procesu včetně čekání.

2.4. Hledání potenciálu ke zlepšení

Nejprve je pozornost věnována způsobu kazetování jednotlivých modulů. Různé délky, různé šířky, rozdílný vstupní materiál. Na základě provedené analýzy jsou definována nápravná opatření a stanoveny oblasti potenciálního zlepšení procesu. Do problematiky jsou zainteresováni zejména členové oddělení průmyslového inženýrství a centrální údržby. Jejich vzájemná spolupráce při řešení odstraňování plýtvání a zvyšování efektivity procesu je nezbytná. Ačkoliv je velmi obtížné hledat nějakou spojitost napříč všemi projekty, je zde potenciál ke zlepšení a zjednodušení.

Další částí analýzy je proces letování. Užívá se zde letovacích rámců, desek, klipů, podpěr a čepiček. To vše musí být zhotoveno z materiálu, který odolává vysokým teplotám v pecích a zároveň si zachovává vlastnosti, pro které jsou používány. Pomocný letovací materiál je taktéž různotvarý dle použitého modulu.

U letovacích rámců nezáleží jen na velikosti bloku, na pozici a tvaru přípojných trubek, ale také na jeho mohutnosti. Při masivním bloku je proces letování ovlivněn rychlostí a způsobu odebraného tepla jednotlivých částí

celého zaplněného rámu. Je velmi odlišný od průběhu letování malého, například co do objemu polovičního bloku, který je letován ve stejné peci, za stejných podmínek, tedy za stejných teplot, stejných časů a ve stejné atmosféře. K vyrovnání těchto odlišností jsou v rámech instalovány například různé výplně, vzpěry, příčky, podložky a pomocné desky. Ale i zde jsou určité rezervy. Této problematice se hlouběji věnují naši kolegové ve vývojovém centru.

Letovací desky společně s klipem zajišťují soudržnost celého bloku tzn. plochých trubek a lamel pospolu, až do chvíle sletování v peci. Vzhledem k tomu, že každý modul má své desky opatřeny ochranným Poka-Yoke (systém, který se stará o eliminaci neúmyslných chyb, chyb z nepozornosti) v kazetovacích zásobnících, není zde příliš prostoru k úpravám. Změna principu kazetování s ohledem na ochranu proti záměnám letovacích desek by byla velice finančně náročná záležitost a z tohoto důvodu je jakýkoliv zásah do této části procesu neefektivní. Letovací klipy na tom nejsou v možnostech pro zlepšení o mnoho lépe. Existují skupiny modulů o stejné délce a pro ně jsou určeny stejně dlouhé klipy. Stejně jako desky jsou opatřeny na první pohled viditelnou identifikační známkou, která garantuje nezaměnitelnost.

Jako potenciál ke zlepšení se tedy jeví oblast letovacích podpěr a čepiček. Projekt byl redefinován a zúžen do této oblasti, kde bylo využito principu Lean v plné míře.

3. Návrhy opatření na zlepšení stávajícího stavu

3.1. Stanovení cíle

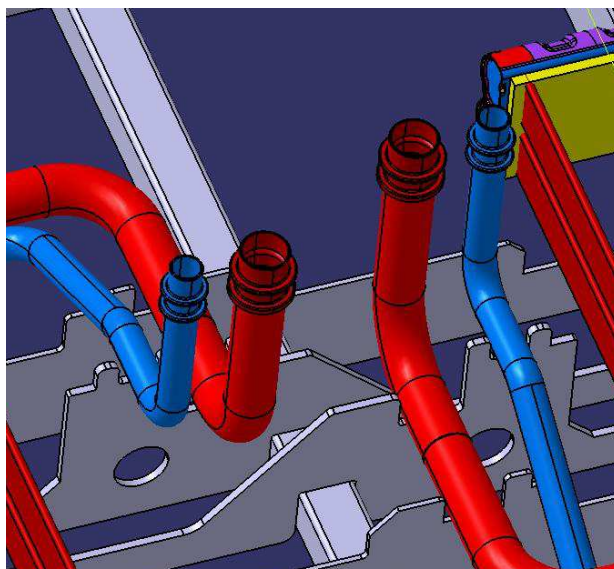
Na základě rozměrové shody základních rozměrů ústí obou přípojných trubek i jejich vzájemné vzdálenosti u velké většiny našich modulů je stanoven cíl projektu: navrhnout univerzální letovací čepičku tak, aby zahrnovala minimálně 90% naší produkce.

3.2. Prvotní analýza

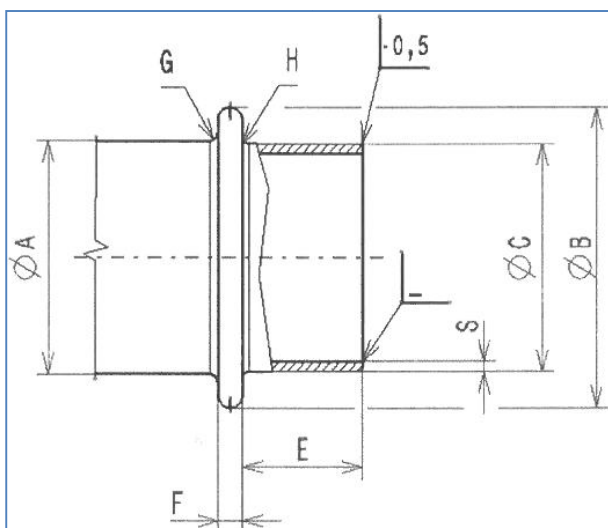
Letovací čepičky mají velmi důležitou roli. Zabraňují kontaminaci uvnitř modulu po dobu celého letovacího procesu. Hned při prvotním sběru dat a rozměrů čepiček je zřejmé, že valná většina přípojných trubek má obdobnou, ne-li stejnou rozteč. Jen jejich ústí je v jiné poloze vůči samotnému bloku.

Pozici řeší a fixuje tzv. podpěra, která je na některých modulech integrovaná přímo v rámu (viz obr. 3), na některých je nutno ji namontovat a znovu demontovat. Některé moduly podpěru mít vůbec nemusí.

Poloha ústí přípojných trubek je také různá, ale z velké většiny je ve vertikálním směru, takže se zde využívá gravitační síly čepiček, které na trubky působí svou vlastní vahou.



Obrázek 3: Příklad integrované podpěry



Obrázek 4: Označení kót ústí příp. trubek

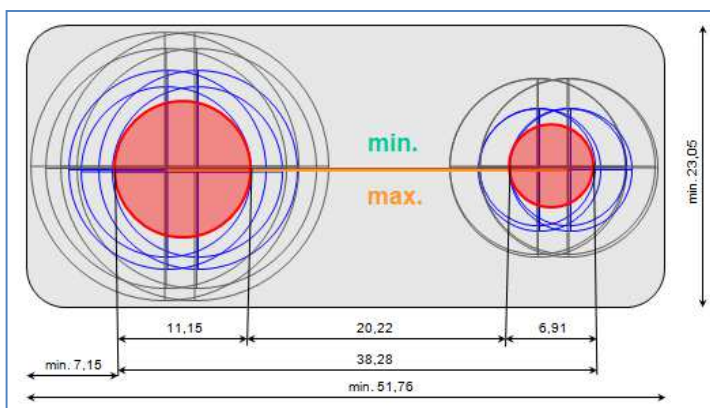
Data jsou doplněna specifikacemi z normy KN AR.00290, která je nezbytnou součástí všech analýz a závěrů. Pro snadnější orientaci v rozměrech je použito označení právě z této normy (viz obr. 4).

Samotné rozměry v tabulce 1 mnohé napovídají. Až na ojedinělé výjimky lze stanovit standard pro univerzální letovací čepičku.

Tabulka 1: Souhrn rozměrů přípojných trubek všech modulů

| | silná tr. | | | | | | | | | rozeč | slabá tr. | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|------------|---------|---------------|---------|---------|-----|----------|--------|-----------|------------|-------------|-------------|---------|---------|-----|--|--|
| | ø A | ø B | ø C | E | F | G | H | S | ø A | | ø B | ø C | E | F | G | H | S | | |
| 204/C1 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| /PO C5 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29,1±2 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| VO F C5 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| DEL CA | 18 | 25,0-0,3 | 15,95-0,15 | 9,5-0,3 | 2,49±0,15 | 0,7-0,2 | 0,5-0,2 | 1,2 | 30,5±1 | 12 | 21,15-0,3 | 11,71-0,15 | 9,5-0,3 | 2,49±0,15 | 0,7-0,2 | 0,5-0,2 | 1,2 | | |
| DI B H1 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| 3 ST H1 | 18±0,2 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | (29,1) | 12±0,2 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| B8 F H4 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29,1±2 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| .A5 H9 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| SA T K7 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| SA T K8 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| L6 F L5 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| NC M2 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | (29,1) | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| S1 P14 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| DEUP4 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| V20 R4 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| VO R7 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | (29) | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| V22 R7 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,5+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1,5 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| B8 F R8 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29,1±2 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| SA V S3 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29,1±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| 204/S6 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| LT P T7 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| W2 U1 | | | | | | | | | 19,1±0,5 | | | | | | | | | | |
| SCH V0 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| SCH V1 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| DI B V1 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| EUI V9 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29,1±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| R23 W5 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| LT M X1 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | (29) | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| G4 E X1 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,0+0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| W E X9 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±1 | 12 | 16,5-0,5 | 11,7-0,1 | 9,8+0,2-0,5 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| IAU X9 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | (29) | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| W22 Y6 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,5+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1,5 | 29±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| ULT Z5 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,0+0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29±2 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,0+0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| A F C2 | 18 | 23,2±0,2 | 17,6-0,1 | 9,8-0,4 | 2,0+0,2 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | 29,1±1 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| 6 H E R5 | 15 | 19,7+0,5 | 14,5-0,1 | 9,8-0,4 | 2,5+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1,2 | 29 | 12 | 16,5+0,5 | 11,7-0,1 | 9,8-0,4 | 1,8+0,3-0,1 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1 | | |
| VO F W5 | | | | | | | | | (34) | | | | | | | | | | |
| SHIN V9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FRC Y2 | 18 | 26,7-0,3 | 17,59-0,15 | 9,5-0,3 | 2,5+0,15-0,25 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1,2 | (30,5) | 12 | 21,15-0,3 | 11,71-0,15 | 9,5-0,3 | 2,5±0,15 | 0,7-0,5 | 0,5-0,3 | 1,2 | | |
| 2 H Z9 | | | | | | | | | 31±1 | | | | | | | | | | |

Čitelnější je grafické zpracování rozměrů, včetně jejich tolerancí (viz obr.



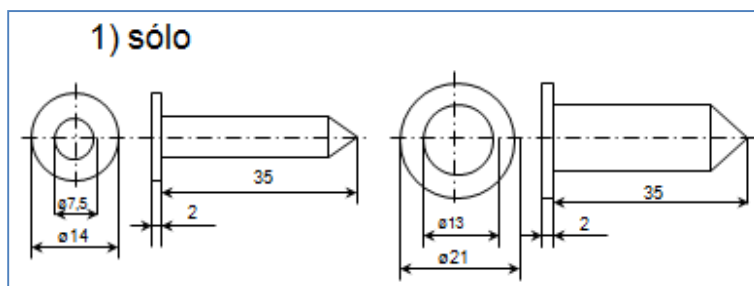
5). Oblast červených polí je prázdný prostor, společný pro většinu modulů z naší produkce. Tento prostor lze využít pro konstrukci univerzální letovací čepičky.

Obrázek 5: Grafické zobrazení rozměrů přípojných trubek

3.2.1. První prototypy

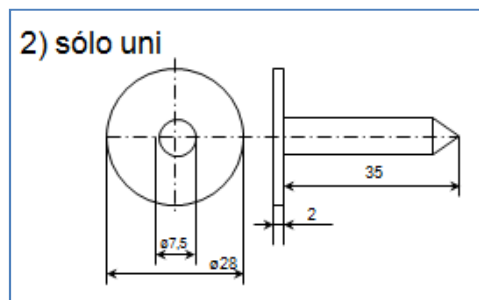
Na základě znalostí a zkušeností z praxe o funkci, náročnosti a požadovaných vlastnostech čepičky jsou navrženy první prototypy.

První typy návrhů se liší dle toho, pro kterou z přípojných trubek je čepička určena. Zda pro silnou či slabou (viz obr. 6).



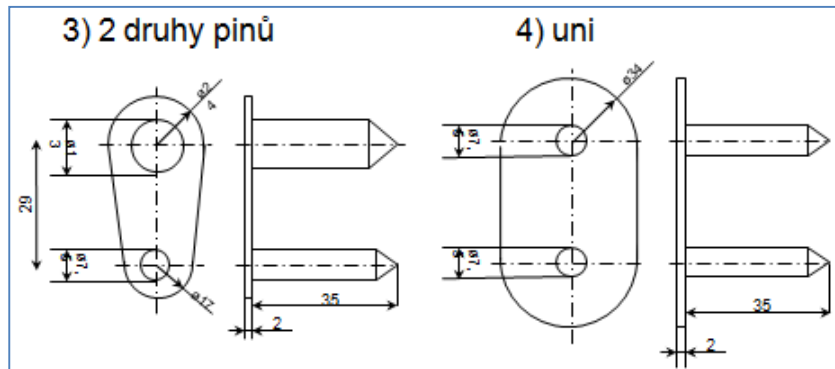
Obrázek 6: Prototypy 1A a 1B

Jednopinový návrh, který rozměry vyhovuje slabé trubce a zároveň zakryje ústí trubky silné, je na obrázku 7. Pracovně je tento prototyp nazván sólo uni.



Obrázek 7: Prototyp 2

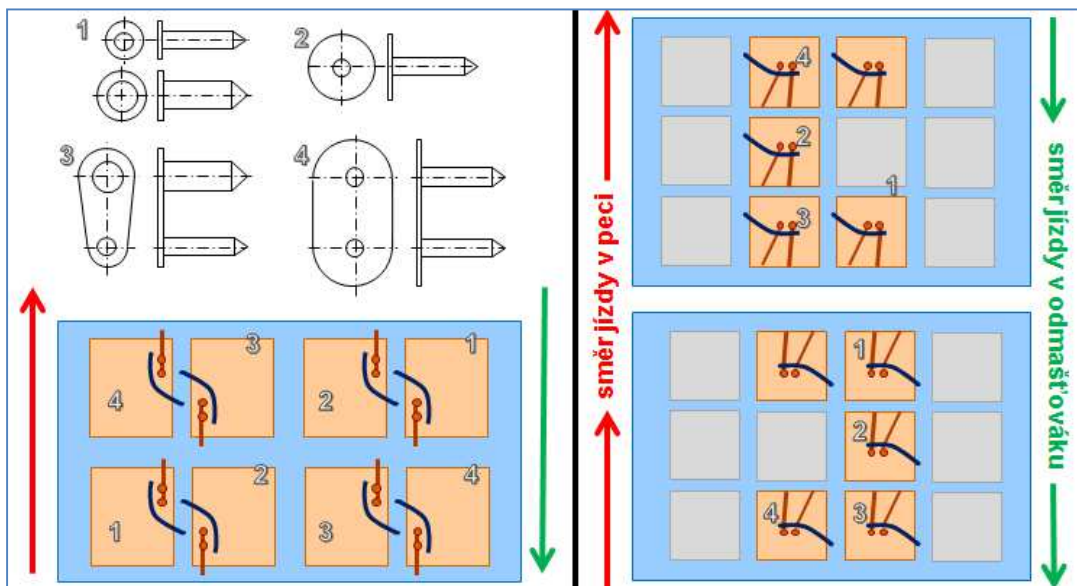
Dále je zvažováno, zda zakrytí ústí obou trubek bude oddělené či společné. Zatím není vůbec řešeno ukotvení čepičky společně s fixací přípojných trubek do podpěr. Sadu prvních prototypů doplňují dva návrhy na společné zakrytí, kde je využito kombinace prvních prototypů (viz obr. 8). Návrhům je dána výkresová podoba a je zajištěna výroba prvních prototypů.



Obrázek 8: Prototypy 3 a 4

3.2.2. První testy

Na základě důsledné přípravy a předem připraveného rozpisu bylo provedeno první testování prototypů (viz obr. 9).



Obrázek 9: Rozpis prvního testování prototypů



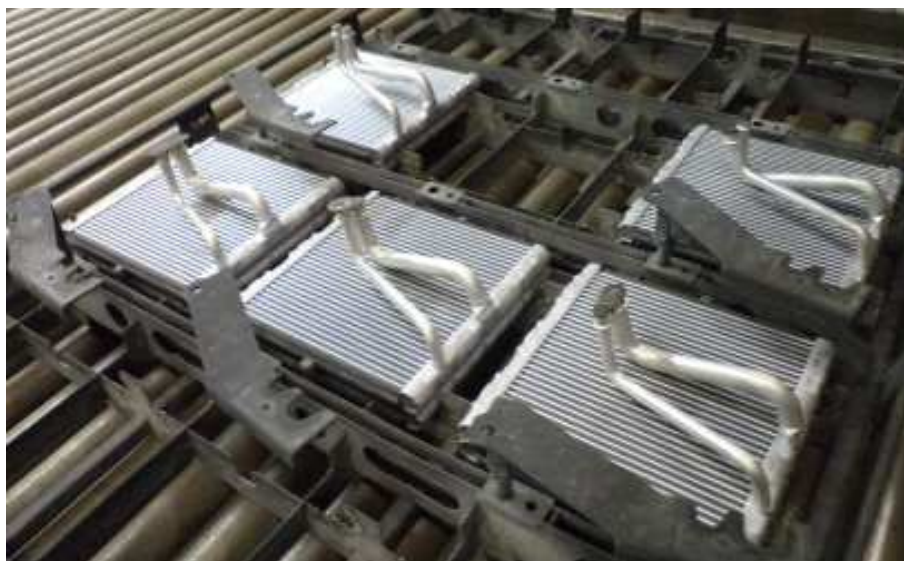
Obrázek 10: První rám při výstupu z pece

Při výstupu prvního rámu z pece (viz obr. 10) byla provedena kontrola a pokračovalo se v testování.

Na dalších dvou rámech je zvoleno užití pouze vnitřních pozic. Po projezdu pecí nemají přípojné trubky správnou polohu ani pozici, jsou spadlé na blok a ten je zdeformován (viz obr. 11 a 12). Podpěry jsou vyhnuté mimo pozici a neplní svou funkci. Nyní je nutné vše zdokumentovat a zanalyzovat.



Obrázek 11: Rám číslo 2 na výstupu z pece



Obrázek 12: Rám číslo 3 na výstupu z pece

Závěry prvního testu:

- všechny testované čepičky jsou vhodné k dalším testům – nebyly shozeny závěsy v peci a splnily svou funkci krytí přípojných trubek,
- podpěry pro modul č.1 jsou fixovány k sobě navzájem → všech 8 ks OK,
- jelikož podpěry na rámu 2 a 3 nebyly fixovány čepičkou k přípojným trubkám → vyhnutí podpěr z pozice a deformace přípojných trubek pod svou vlastní vahou a vahou čepiček – viz foto => fixační trn je nutný !!!

Návrh dalšího postupu:

- 1) stanovení vysokoobrátkových projektů,
- 2) u vysokoobrátkových projektů zjištění pozic fixačního otvoru pro čepičky v podpěrách,
- 3) u vysokoobrátkových projektů prověření možnosti fixace podpěry ve správné pozici jinak než s čepičkou,
- 4) prověření možnosti použití současných čepiček s rozšířením na tyto projekty,
- 5) kombinace bodu 2) s modifikací prototypových čepiček – přidání fixačního trnu.

4. Vyhodnocení návrhů, porovnání se současným stavem

4.1. Další analytická část

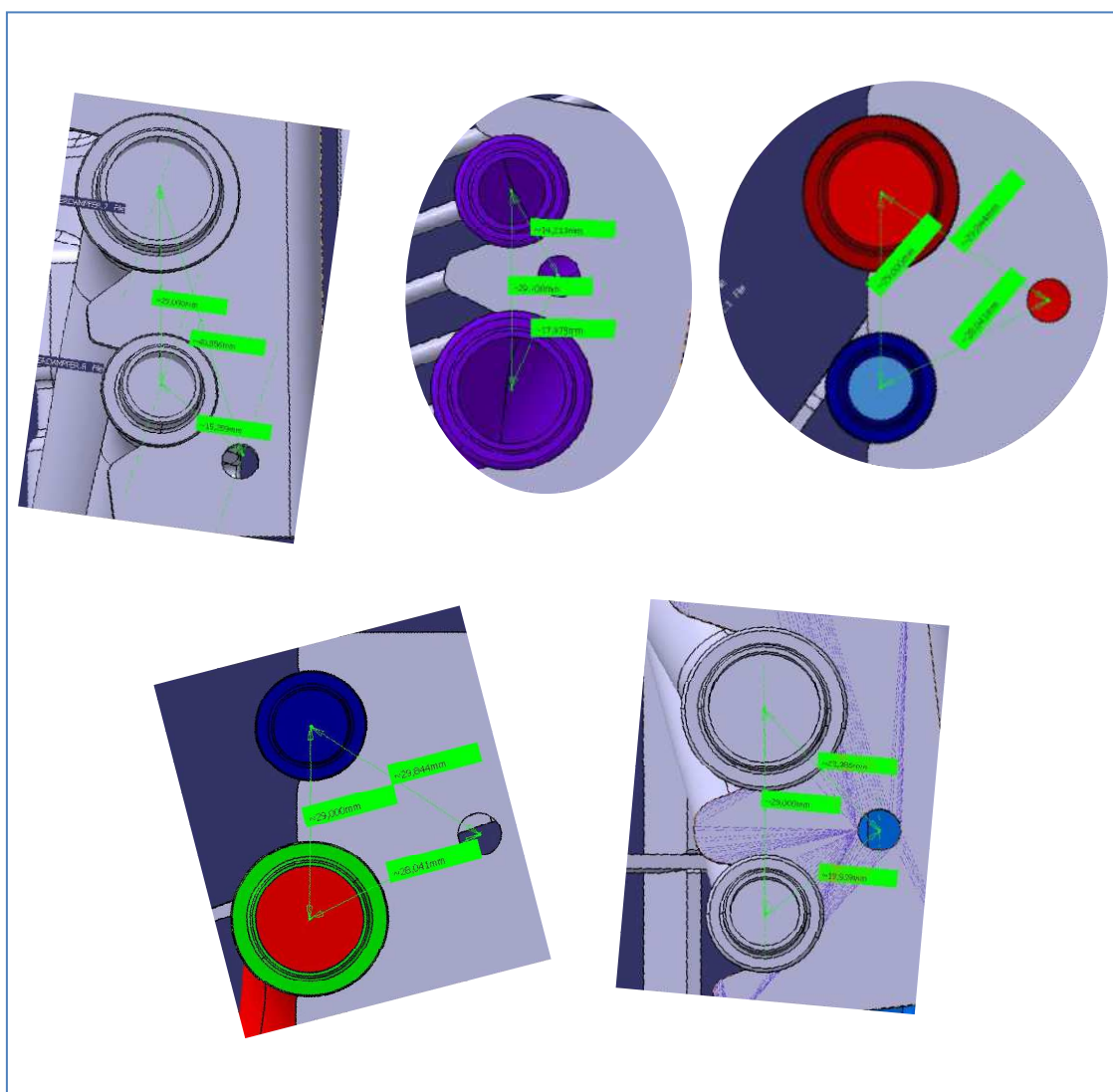
Další sběr dat a informací napříč všemi moduly. Po shromáždění jsou podrobeny analýze. Jsou stanoveny vysokoobrátkové projekty s výhledem na několik let dopředu. Jsou také určeny skupinky modulů se stejným druhem čepiček a je vypočteno procento ze současné produkce (viz tabulku 2).

Tabulka 2: Souhrn modulů se stejnou letovací krytkou

| Projekt | Proje | Proje | 2012 | 2013 | 2014 | % z celk. 2013 | Pozn. | silná / slabá | silná / kolík | slabá / kolík | Ø silná | Ø slabá | Ø kolík |
|------------|--------|-------|---------|---------|---------|----------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|---------|---------|---------|
| m - A | PA | P | 493 565 | 591 471 | 598 355 | 13,3% | P 36,4% | 29,100 | 24,186 | 19,189 | 18,50 | 12,50 | 5,50 |
| EVAP - Sto | L | P | 391 892 | 410 865 | 374 884 | 9,2% | | | | | | | |
| IXX - GM | P | P | 404 697 | 400 969 | 454 698 | 9,0% | | | | | | | |
| 04 - VV | UC | UC | 458 976 | 373 926 | 114 935 | 8,4% | 2 25,2% | | | | | | |
| - Vol | UC | UC | 356 939 | 334 332 | 271 557 | 7,5% | | | | | | | |
| 12 - VV | UC | UC | 285 874 | 284 890 | 254 887 | 6,0% | | | | | | | |
| - PQ | PQ2 | P | 209 527 | 229 143 | 341 405 | 5,2% | PA 13,3% | 29,100 | 17,978 | 14,213 | 18,50 | 12,00 | 6,00 |
| F1 A5 | A51 | P | 251 800 | 219 000 | 202 867 | 4,9% | | | | | | | |
| X - W | T8 | P | 172 600 | 143 390 | 144 871 | 3,2% | | | | | | | |
| Front | UC | P | 127 586 | 127 590 | 120 900 | 2,9% | EU 11,6% | 29,000 | 40,856 | 15,289 | 18,50 | 12,50 | 5,20 |
| 88 - V | UC | UC | 127 878 | 119 552 | 126 874 | 2,7% | | | | | | | |
| 9 - NC | T9 | P | 0 | 97 988 | 306 971 | 2,2% | | | | | | | |
| Front | L | F | 69 157 | 72 506 | 66 153 | 1,6% | 9 + G1 2,9% | 29,000 | | | 19,00 | 13,00 | |
| 21 - P | PQ2 | P | 99 800 | 89 641 | 109 142 | 1,6% | | | | | | | |
| - Po | 9xt1 | C | 35 000 | 68 977 | 68 977 | 1,5% | | | | | | | |
| Front | 222 | 222 | 740 | 68 848 | 139 708 | 1,5% | W45 3,1% | 29,000 | 18,135 | 18,839 | 18,00 | 12,00 | 5,10 |
| 00 Pn | W80 | P | 57 970 | 62 912 | 30 879 | 1,4% | | | | | | | |
| 0 - P | W10 | C | 16 499 | 62 394 | 78 292 | 1,4% | | | | | | | |
| lison | disc | 45 | 0 | 43 000 | 246 389 | 1,0% | B8 2,0% | 29,000 | 29,644 | 28,041 | 18,50 | 12,50 | 6,40 |
| BB1 - P | PF | PF | 37 976 | 39 986 | 34 986 | 0,9% | | | | | | | |
| - P | S4 | X7 | P | 49 975 | 39 881 | 34 977 | 0,9% | | | | | | |
| - P | PQ2 | P | 0 | 38 281 | 34 609 | 0,8% | | | | | | | |
| ok - V | 222 | 222 | 0 | 30 250 | 38 493 | 0,7% | Σ 92,42% | | | | | | |
| on - V | TC | P | 27 497 | 28 578 | 24 743 | 0,6% | | | | | | | |
| 0 - A | jo | P | 1 051 | 18 549 | 54 454 | 0,4% | | | | | | | |
| - P | PQ2 | P | 0 | 14 567 | 179 980 | 0,3% | Stejný rozměr | | | | | | |
| 83 - V | gn | gn | 982 | 4 666 | 28 422 | 0,1% | | | | | | | |
| 0 - A | Bev | P | 0 | 2 000 | 58 744 | 0,0% | P 8,8% | Bez potřeby kolíku | L 9,2% | | | | |
| ljun - B | ev | P | 0 | 837 | 35 183 | 0,0% | | | | | | | |
| BE - F | pub | P | 0 | 810 | 89 973 | 0,0% | A 4,9% | 2 6,0% | | | | | |
| 35UP | W | P | 0 | 0 | 0 | 0,0% | | | | | | | |
| neck | 550 | JP | 0 | 0 | 7 497 | 0,0% | | | | | | | |
| EX H | PE | tr | 0 | 0 | 11 538 | 0,0% | T8 3,2% | LF 1,6% | | | | | |
| l - G | MSP | ant | 0 | 0 | 11 538 | 0,0% | | | | | | | |
| ta2 | NSM | P | 0 | 0 | 5 802 | 0,0% | | | | | | | |
| k - B | MS20 | kr | 0 | 0 | 8 330 | 0,0% | N 2,9% | 9 1,5% | | | | | |
| ar Y | Luki | P | 0 | 0 | 3 000 | 0,0% | | | | | | | |
| 51 - V | ma | 45 | 96 192 | 92 640 | 44 034 | 2,1% | T9 2,2% | G1 1,4% | | | | | |
| mm - J | di | EB8 | 211 528 | 88 381 | 0 | 2,0% | | | | | | | |
| 59 - V | UC | UC | 57 570 | 59 765 | 25 098 | 1,3% | | | | | | | |
| 52 - V | TC | P | 54 142 | 59 589 | 0 | 1,3% | VT 1,9% | Ma 0,1% | | | | | |
| 5 - P | PQ2 | P | 41 379 | 40 212 | 0 | 0,9% | | | | | | | |
| 3 G1 | G1 | P | 30 205 | 25 271 | 25 541 | 0,6% | | | | | | | |
| 35 - P | PF2 | P | 20 000 | 19 990 | 19 988 | 0,4% | VP25 0,4% | | | | | | |
| 31 - W | R231 | P | 16 128 | 15 772 | 19 973 | 0,4% | | | | | | | |
| 21 Fr | V22 | 22 | 76 016 | 9 083 | 0 | 0,2% | | | | | | | |
| geord | V204 | P | 4 315 | 6 806 | 8 332 | 0,2% | PA 13,4% | | | | | | |
| ck - W | 221 | 22 | 4 1380 | 5 970 | 0 | 0,1% | | | | | | | |
| zigeo | ranet | P | 5 777 | 5 914 | 6 033 | 0,1% | | | | | | | |
| - Aud | PA | P | 3 595 | 5 694 | 6 692 | 0,1% | | | | | | | |
| G463 | DAG | P | 3 856 | 5 185 | 5 189 | 0,1% | Σ 24,35% | | | | | | |
| 5 - A | VTC | P | 0 | 4 543 | 17 990 | 0,1% | | | | | | | |
| gnum | gnum | P | 3 900 | 4 140 | 0 | 0,1% | | | | | | | |
| brid - | hybrid | P | 4 000 | 4 000 | 2 000 | 0,1% | | | | | | | |

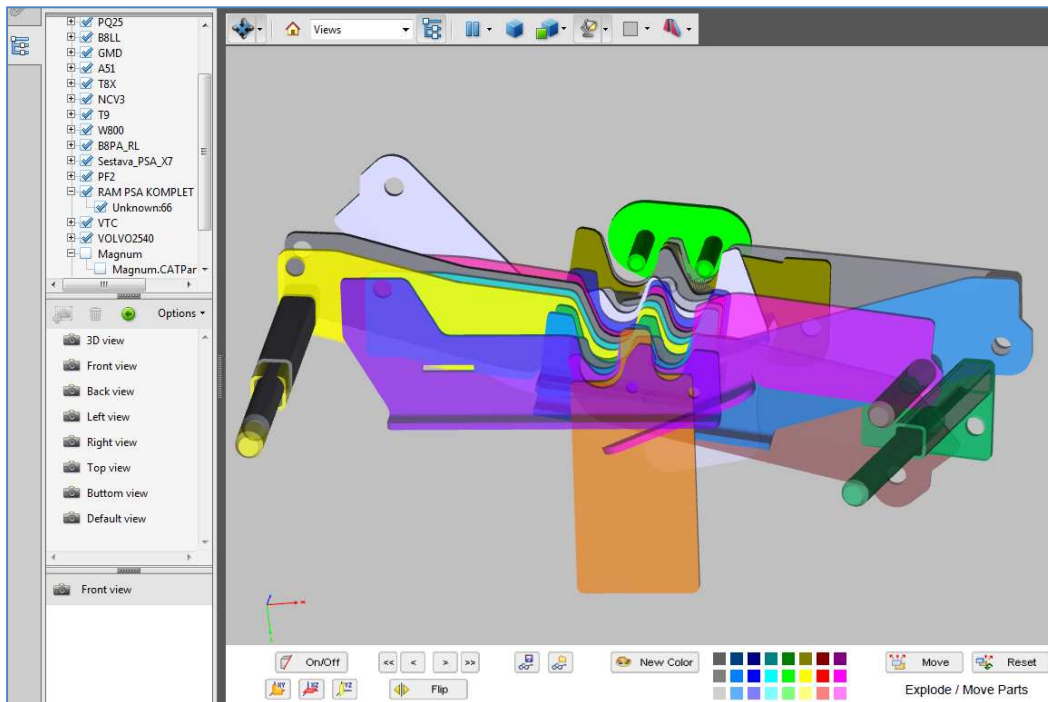
4.2. Pozice fixačního otvoru

Nyní je nutné sjednotit pozici fixačního otvoru. Po volbě zástupců vysokoobrátkových modulů jsou studovány jejich rozdíly. Ústí silné a slabé trubky se vůči podpěře mění, jednou vpravo, jindy vlevo. O pozici aretačního otvoru pro kolík nemluvě. Je hledána nejpočetnější skupina modulů, kterou spojují stejné rozměry. Pro lepší představu jsou obrázky níže (viz obr. 13-17) vloženy tak, aby spojnice os přípojných trubek byly navzájem rovnoběžné, podpěry jsou vždy z pravé strany a obrázky jsou zmenšeny ve stejném poměru.



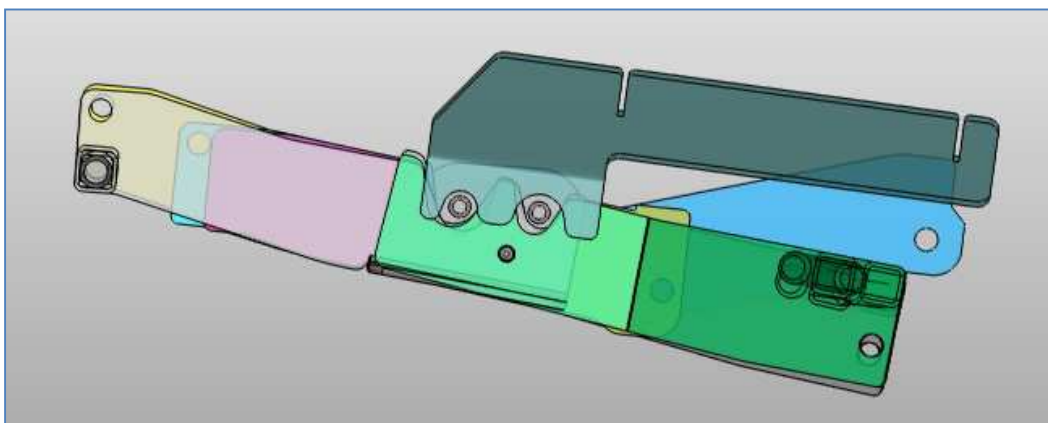
Obrázek 13-17: Pozice ústí přípojných trubek a otvor pro aretační kolík v podpěře pro různé moduly

Analyzování pozic a rozměrů je za pomoci programu 3D-Tool, který z Catie či Cadu dokáže nakopírovaná data různě zpracovat. Jsou brána všechna dostupná data podpěr a postupně jsou vkládána do tohoto programu. Je vložena i uni-čepička. Snahou je simulovat vzájemnou pozici podpěr a čepičky tak, jak je tomu při letovacím procesu (viz obr. 18).



Obrázek 18: Využití programu 3D-Tool – podpěry všech modulů a uni-čepička

Program umožňuje jednotlivé části otáčet, překlápět, naklánět a různě s nimi pohybovat vůči sobě navzájem. Lze použít různého podsvícení či podbarvení. Jednotlivé části lze vyjmát a tím mít v aktuálním zobrazení pouze ty objekty, které jsou pro nás vhodné (viz obr. 19).



Obrázek 19: Záběr z programu 3D-Tool – podpěry, které líčují s uni-čepičkou

Další velkou výhodou tohoto programu je výstup do *pdf, v němž se dají dělat stejné pohyby jednotlivých částí bez nutnosti nainstalování speciálního softwaru na výkresová data.

4.3. Stav současných čepiček

Na základě inventury je zmapován celkový stav sortimentu čepiček (viz tabulku 3).

Tabulka 3: Inventura letovacího materiálu

Je používáno třináct druhů různých letovacích čepiček respektive krytek a jeden druh komplexního tzv. kaslíku, který zakrývá při letování všechny bloky na jednom rámu. Pokud se čepička používá pro více modulů, je nutné počítat s možností souběžné výroby. Proto je počet krytek s množstevní rezervou pro plynulý koloběh letovacího materiálu. Další rezerva v počtech kusů musí být z důvodu údržby a oprav těchto krytek. Celkový součet všech letovacích krytek pře-

| INVENTURA AH - podpěry, krytky | | | | | |
|---------------------------------------|-------|--------------|--------|------|--------|
| výp. | ozn. | podpěry | krytky | drát | spojka |
| Q | | | 4600 | | |
| 25 | Z558: | | | | |
| PS | | 950 | 370 | | |
| E6 | | 508 | 585 | 295 | |
| L6 | | 65 | 65 | 69 | |
| W2 | | 54 | 55 | | |
| VO | | 381 | 345 | 405 | 329 |
| BM | | nepoužívá se | 102 | | |
| DC | Z558: | 510 | 340 | | |
| DC | | nepoužívá se | 425 | | |
| W2 | Z558: | 575 | 539 | | |
| Au | Z558: | 1110 | 800 | | |
| Au | Z558: | 1035 | | | |
| RM | | nepoužívá se | 40 | | |
| Vo | | 350 | 350 | | |
| Po | | 714 | 905 | | |
| PO | Z558: | 966 | | | |
| PS | Z558: | 512 | | | |
| PS | Z562: | 560 | | | |
| W2 | Z561: | 323 | | | |
| G1 | Z561: | 360 | | | |
| T8 | Z562: | 330 | | | |

kračuje hranici šesti tisíc kusů, které jsou v různých počtech, různých tvarech, různých rozměrech, různé kondici a v různých nákladech na údržbu. Jejich obnova a doplňování stavu minimálního nutného počtu kusů je tím i dosti nákladná.



Obrázek 20: Krytka P

Nejčastějším a zároveň nejpočetnějším druhem krytky je ve tvaru otevřené krabičky s fixačním aretačním kolíkem uvnitř (viz obr. 20). Zakrývá obě přípojné trubky a nikterak nezasahuje dovnitř trubek. Její pozice je dána stěnami krabičky, které se opírají o hrany podpěry.

Ostatní krytky jsou velkou škálou tvarů a způsobů uchycení. Některé přesně vymezují vnitřní prostor přípojných trubek (viz obr. 21 a 22). Jsou upínány do polohy, která nedává materiálu možnost pracovat při změnách teplot po dobu letovacího procesu v peci. Tím může vznikat určité pnutí a docházet tak k nechtěným deformacím.

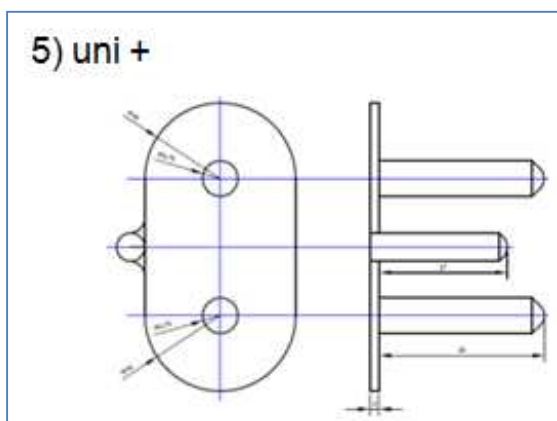


Obrázek 21: Krytka W



Obrázek 22: Krytka B8

4.4. Modifikace prototypů



Obrázek 23: Prototyp 5

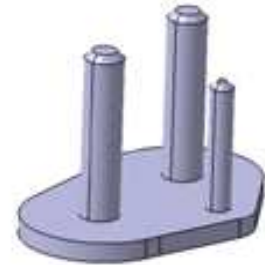
Na základě závěru z testování prvních prototypů je doplněn fixační, aretační kolík (viz obr. 23). Má důležitou funkci, kterou nelze vynechat.

Je zvolen jeden společný tvar pro obě trubky a piny univerzální tzn., aby byly vhodné pro silnou i slabou přípojnou trubku. V praxi

bude daleko jednodušší a výhodnější mít pro LL i RL jednu variantu a tím i snadnější manipulaci.

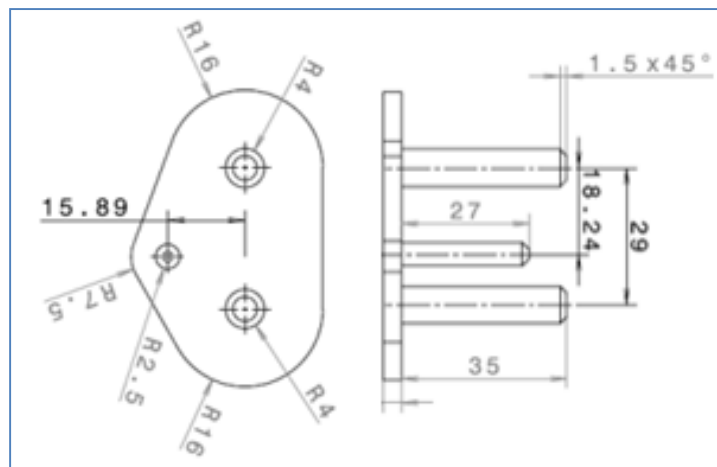
Deska, respektive podstava čepičky, musí být o tolik širší, kolik je volného prostoru při ukotvení slabého pinu v silné trubce tzn., že při každé krajní poloze úzkého pinu v silné trubce musí deska zakrývat celé hrdlo.

Aretační kolík je nutné navařit takovým způsobem, aby bylo zajištěno jeho pevné uchycení, odolné vůči deformacím při manipulaci i při samotném procesu letování. Vhodnější tedy bude zvětšit destičku respektive podstavu čepičky a aretační kolík do ní zapustit (viz obr. 24).



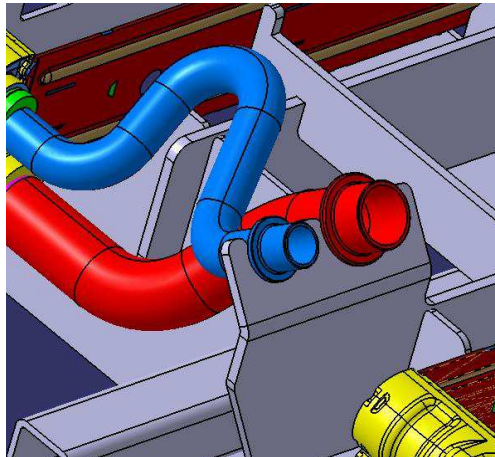
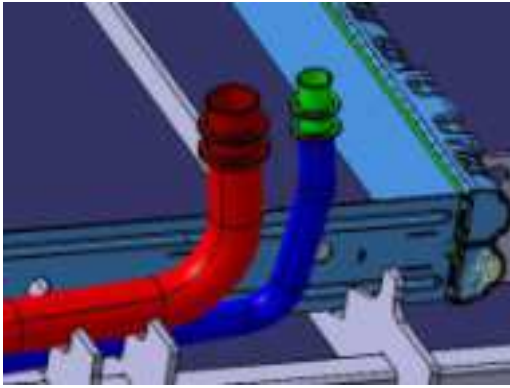
Obrázek 24: 3D model upraveného prototypu 5

Po zvážení procentuálního obsazení všech dosavadně používaných krytek, je navrženo umístění aretačního kolíku mírně do strany dle nejpočetnější skupiny (viz obr. 25). Není nutné podpěry převrtávat a uni-čepičky lze nasadit přímo do výroby.



Obrázek 25: Prototyp 5 s upravenou polohou aretačního kolíku

Je poptána a objednána dávka zkušebních uni-čepiček. Mohou se dělat další zkušební testy ve větším měřítku, ověřovat hypotézy a doplňovat je o nové zkušenosti.



Obrázek 26-27: Příklady konců přípojních trubek

Je prověřováno, zda všechny moduly, které dle specifikací patří do skupiny vhodných pro uni-čepičku, mají vyhovující podmínky pro její užití v praxi.

Veliká variabilita průběhu přípojních trubek je na obr. 26-27.

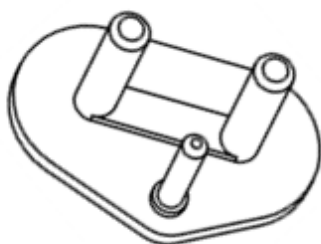
Zároveň je testována odolnost čepičky vůči opakovanému vystavení vysokým teplotám v peci, nešetrnému zacházení, nevhodné manipulaci a podobně.

5. Rizika a kritická místa projektu

První testování ukázalo, že je nutné uni-čepičku upravit a hlavně zesílit. Navržení silnější podstavy o dvojnásobné šířce by mělo být dostačující a celou uni-čepičku tím učinit robustnější.

5.1. Aretační kolík

Dalším problémem byl slabý aretační kolík. Vlivem manipulace je deformován a ohnut, takže neplní svou funkci správně. Kolík je přivařen roztavením materiálu - metodou TIG. Materiál sice zateče do spár vedle kolíku,



ale tím je jeho pata zeslabena a kolík se ohne. Po konzultaci s výrobcem a dodavatelem uni-čepiček je ke kolíku přidáno osazení (viz obr. 29), které se pájením roztaví a pevně spojí kolík s destičkou, aniž by se kolíku odebral materiál a zúžil se.

Obrázek 29: Finální podoba uni-čepičky

5.2. Jiný způsob fixace podpěr

Jsou zkontrolovány rámy i podpěry na různých modulech. V některých případech lze zajistit stálou pozici podpěry, a tím není nutné fixovat čepičku s podpěrou pomocí aretačního kolíku. Obnáší to ale spoustu úprav a tím i nákladů. V ostatních případech je tato fixace nemožná.

5.3. Úpravy nebo nové podpěry?

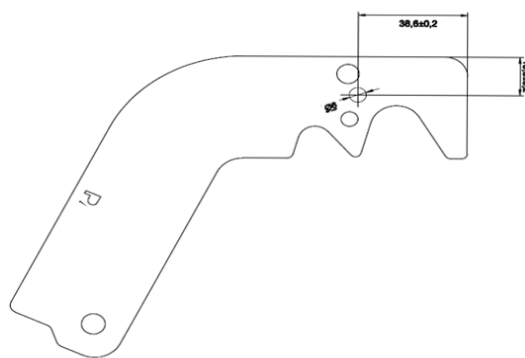
Materiál, který je několikrát vystaven vysokým teplotám, jako jsou v le-
tovacích pecích, je velmi tvrdý a jakékoliv dodatečné úpravy nejsou snadné.
Příklad úpravy pozice je na obrázku 31. Stále bylo zvažováno, zda není
snazší a méně nákladné nechat vyrobit podpěry zcela nové.



Obrázek 31: Příklad úpravy podpěry pro uni-čepičku

Byly zkresleny všechny podpěry
s nutností úprav. Nový otvor je okó-
tován (viz obr. 32). Zároveň je stano-
ven časový plán pro úpravy jednotli-
vých modulů, přičemž se musí zo-
hlednit potřeba pro výrobu a nelze je
odebrat hromadně. Využít lze pouze
volných víkendů, kdy se nevyrabí.
Vše je na dohodě s firmou, která bude
úpravy provádět.

Byly provedeny další testy.
Různé způsoby vrtání za pomoci
speciálních, kalených vrtáků. Vý-
sledkem je zjištění, že lze nechat
upravit stávající podpěry tak, že se
do nich vyvrtá ještě jeden otvor, a
tím bude možné podpěru fixovat
aretačním kolíkem uni-čepičky.



Obrázek 32: Výkres pro úpravu podpěry

6. Implementace uni-čepičky do výroby

V této fázi bylo naceněno celkové potřebné množství čepiček. Čím větší množství kusů bude poptáno, tím zajímavější bude cena za jejich výrobu. Kalkulace zohledňuje potřebu počtu kusů v koloběhu procesu, kusy pro manipulaci a případné čištění a údržbu. Celkový počet potřebných uni-čepiček je necelé čtyři a půl tisíce. Na základě možností výrobce uni-čepiček je poptáno zbylé množství a mezitím první dodané čepičky bez problémů stále kolují v letovacím procesu.

6.1. Postupné zavádění

Podle přesného časového plánu proběhla úprava podpěr i implementace čepiček do výroby a to na základě stanovených priorit a možností ze strany výroby. Přednost měly moduly bez nutnosti úprav. K nim se připočetly ty, které nemají potřebu aretačního kolíku vůbec. V součtu se jednalo o více než polovinu z celé produkce (viz tabulku 4).

U některých modulů byla výroba teprve v začátcích a jejich budoucí odvolávky a procentuální podíl na výrobě zatím nebyl znám.

Postupně dle seznamu byly do implementace připojovány další moduly a současně byly z výroby stahovány z výroby staré, nepotřebné krytky.

Tabulka 4: Přehled modulů bez nutnosti úprav

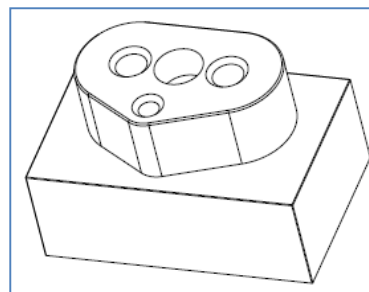
| Rozměr jako P: | | Bez potřeby kolíku: | |
|-----------------|--------|---------------------|---------------|
| P | 11,13% | L | 10,23% |
| A | 4,52% | 2 | 7,72% |
| T8 | 4,58% | LF | 0,58% |
| N | 3,27% | 9 | 1,33% |
| T9 | 4,80% | G1 | 0,53% |
| VT | 1,34% | Ma | 0,02% |
| DA | 0,32% | 21 | 0,00% |
| X7 | 0,45% | W | 0,40% |
| T3 | ? | Σ 20,80% | |
| TX | ? | | |
| UP | ? | | |
| Σ 30,42% | | Celkem: | 51,22% |

6.2. První ohlasy

Rotace uni-čepiček byla pod dohledem. Byly zjišťovány případné dotazy, komplikace, námitky a jiné ohlasy. Jednoduchý design, snadná manipulace, univerzálnost, všestrannost, úspora místa a další pozitiva, která byla ze strany výroby na adresu uni-čepičky.

6.3. Nezbytný kalibr

Aby byla zabezpečena stále stejná kondice a rozměr uni-čepičky, je nutné ji pravidelně čistit, kontrolovat a popřípadě kalibrovat. K tomu byl určen kalibr na obrázku 33. Byla stanovena frekvence kontroly a byl k tomu zhotoven i patřičný návod.



Obrázek 33: Kalibr

6.4. Standard pro nové projekty

Pro nové projekty byl stanoven standard ve formě uni-čepičky. Vše bylo zaneseno do systému nových projektů. Není třeba dalších investic do nových letovacích krytek, protože bude možné použít naše univerzální. Pokud se specifikace nového projektu – modulu nebude zásadně lišit od současné produkce, kolegové z oddělení vývoje mají tímto usnadněnu práci.

6.5. Pozitivní vliv i v jiných oblastech

Pozitivní vliv implementace univerzální čepičky do výroby byl zaznamenán i v oblasti interních chyb a šrotu. Zásadně menší výskyt chyby „Vypádnávací silná přípojná trubka“, se kterou byly v minulosti velké problémy, byl přisouzen změně v nastavení procesu. Byly provedeny kontrolní náměry trubek. Vše bylo dle specifikace a významně se nelišilo od rozměrů trubek použitých v minulosti. Přímý vliv lisování na chybovost nebyl potvrzen. Změna byla v použitém letovacím materiálu. Nové univerzální čepičky díky prostorové rezervě mezi otvorem přípojných trubek a trnem uni-čepičky přidávají částečně stupeň volnosti a tím nedochází k nechtěnému pnutí při letování. Na obrázku 34 je vyobrazeno uchycení přípojných trubek před násilnou montáží tzn., že aretační trn staré letovací krytky je poté dotlačen do otvoru.



Obrázek 34: Násilná montáž staré letovací krytky

6.6. Konečná fáze

Po absolvování nutné administrativní fáze, kdy je vypsáno výběrové řízení na dodavatele respektive proveditele úprav podpěr, čekání na nabídky a schválení dodavatele, může být přistoupeno k poslední fázi projektu.

Společně s oddělením výroby je odsouhlasen plán postupného odstavení modulů, aby na jejich podpěrách mohly být vyvrtány potřebné otvory pro aretační kolík uni-čepičky. V plánu jsou zohledněny jak odvolávky zákazníků, kdy je možnost využití jejich odstávky, tak objemnost produkce tzn., že

některé moduly musely být rozděleny na etapy a jejich podpěry upravovat postupně. Množství všech podpěr od všech modulů, u kterých bylo nutné tuto změnu provést, bylo rozděleno na čtyři fáze. Jednotlivé fáze byly v několikadenních rozestupech. V tabulce 5 jsou jednotlivé fáze znázorněny včetně vyjmenovaných jednotlivých modulů a jejich procentuálních podílů na celkové produkci. Součet všech těchto podílů převyšuje čtyřicet procent.

Tabulka 5: Seznam modulů pro úpravu podpěr

| Upravit podpěry: | | Fáze zavedení: | | | |
|------------------|--------|----------------|-----------------|-------|---|
| PA LL | 14,50% | 2 | BE | 0,64% | 3 |
| PA RL | 1,62% | 4 | 80 | 0,41% | 3 |
| EU | 10,76% | 1 | 22 RL | 0,32% | 2 |
| G | 6,82% | 2 | B LL | 0,06% | 3 |
| 22 | 2,88% | 2 | B RL | 0,03% | 3 |
| E | 2,74% | 2 | CL | 0,01% | 4 |
| S | 1,06% | 3 | Σ 41,85% | | |

7. Uzavření a zhodnocení projektu

Nedílnou součástí projektu je ověření výsledků, kdy se porovnává výchozí a dosažené úrovně jak primárních, tak i kontrolních metrik. Připočtením modulů, u kterých nebylo úprav zapotřebí, je tedy celkový procentuální podíl pokrytí produkce uni-čepičkou 93,07%.

Pouze necelých sedm procent produkce uni-čepička nepokryje. Jedná se o velmi individuální tvary, velikosti a jiné zvláštnosti, kvůli kterým nebylo možné je do tohoto projektu zahrnout.

Stanoveného počátečního cíle bylo dosaženo a zároveň dalších vedlejších pozitiv:

- snížení interní chybovosti na vypadávající přípojnou trubku u problematických projektů o téměř 1% (univerzální čepička dává přípojným trubkám stupeň volnosti a tím nezpůsobuje nežádoucí pnutí při procesu letování),
- snadnější manipulace - původních třináct druhů letovacích čepiček vyžadovalo komplikovanější manipulaci a logistický přesun materiálu ve výrobním procesu,
- nižší náklady na regeneraci letovacího materiálu - náročná obnova komplikovaných a složitých původních krytek a přípravků přesahuje náklady na obnovu čepiček univerzálních,
- méně zastavěné drahé výrobní plochy - na místě u výstupu z pece, určeného ke sběru a třídění krytek, je nyní jedna sběrná schránka namísto původních čtyř nebo pěti (vždy záleželo na sortimentu souběžně vyráběných modulů),
- méně příležitostí k záměnám - až na výjimky je použita univerzální čepička,
- zjednodušení procesu pro operátory při „odstrojování rámu“ na výstupu z pece,
- standardizace letovacích čepiček pro nové, budoucí projekty,
- v neposlední řadě zprůhledněný a zjednodušený samotný výrobní proces letování.

8. Závěr

Užitím metodiky Lean byl projekt úspěšný a cíle bylo dosaženo. Jeho vedlejší přínosy umocnily celkový výsledek a pozitivní dopad na výrobní proces letování.

Podniky v poslední době stále častěji zvažují vhodnou metodologii, kterou aplikují ve svých zlepšovateľských programech. Mnohé se rozhodnou pro metodologii Lean Six Sigma pro její mohutnost a zároveň flexibilitu, která umožňuje přizpůsobení konkrétním námětům a cílům.

Kombinací metod Lean a Six Sigma je systematicky využíváno výhod obou metod. Strukturovaný DMAIC proces a řízení zlepšovateľských procesů soustředěných projektů, škálu analytických a statistických nástrojů na zjištění původu problémů nebo cyklickou aplikaci zlepšovateľských iniciativ, soustředění na potřeby zákazníka a vytěšňování plýtvání, jak jej doporučuje Lean.

Záměrem Leanu je efektivní vytvoření hodnoty, která je definována na základě znalosti požadavku zákazníka. Six Sigma zajišťuje kvalitu, která je vymezena kritickými vlastnostmi. Spojením odstranění plýtvání a snížením variability se snoubí horizontální pohled na zkoumání a souhrn procesních toků s vertikálním pohledem na vyhledávání a eliminaci problémových míst v procesech.

Mapování, měření a optimalizace procesních toků, jakož i měření výskytů a četností, analýzy příčin a důsledků jsou klíčové metody kombinované metodologie Lean Six Sigma. Pro úplnost je nutno podotknout, že další nespornou silou je flexibilita, která, pokud to projekt vyžaduje, umožňuje použití nejvhodnější kombinace nástrojů – v limitním případě je to čisté použití Lean, nebo výhradní aplikace Six Sigma, které mohou stát samostatně jako ucelené metodologie. [5]

Seznam použité literatury

- [1] LIKER, J. *Tak to dělá Toyota*. Praha: Management press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [2] IPA slovník [online slovník], 2015. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>.
- [3] Školící materiály SC&C Partner, Spol. s r.o., V Újezdech 7, Brno
- [4] Wikipedie Otevřená encyklopedie [online]. Dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana
- [5] SVOZILOVÁ, A. *Zlepšování podnikových procesů*

Přílohy

Obsah přiloženého CD

- bakalarska_prace_2016_Denisa_Slaninova.pdf
- bakalarska_prace_2016_Denisa_Slaninova.doc
- kopie_zadani_bakalarska_prace_2016_Denisa_Slaninova.pdf
- simulace_pozice_podpery_uni-cepicka.pdf