



Zefektivňování výrobních a logistických procesů pomocí Lean metod

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: **S14000475**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Zefektivňování výrobních a logistických procesů pomocí Lean metod**
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů**

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:

[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.

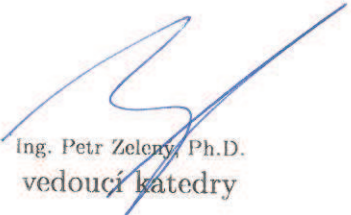
[3] IPA slovník [online slovník], 2015. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. František Manlig**
Katedra výrobních systémů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Vavruška**
Katedra výrobních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **14. listopadu 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. července 2015**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




ing. Petr Zelensky, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. listopadu 2014

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. 7. 2015

Podpis: 

Poděkování

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

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

Poděkování dále náleží mé rodině, mým rodičům, mým sourozencům a jejich rodinám, ale hlavně mým dcerám, které pro mě vždycky byly, jsou a navždy budou obrovskou hnací silou a to nejen po dobu mého studia.

Děkuji všem...

Anotace

Předmětem této bakalářské práce je popis projektu, který má za úkol zjednodušení a zefektivnění výrobního procesu za pomoci dnes již velmi známé a hojně používané metody Lean.

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 with the help of the now well-known and widely used method Lean.

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. Projekty se špatnými daty?	32
5.3. Jiný způsob fixace podpěr	33

5.4.	Úpravy nebo nové podpěry?	33
6.	Implementace uni-čepičky do výroby.....	35
6.1.	Postupné zavádění.....	35
6.2.	První ohlasy.....	36
6.3.	Nezbytný kalibr.....	36
6.4.	Standard pro nové projekty.....	36
6.5.	Pozitivní vliv i v jiných oblastech.....	37
6.6.	Konečná fáze.....	37
7.	Uzavření a zhodnocení projektu.....	39
8.	Závěr	40
	Seznam použité literatury.....	41
	Přílohy.....	42

Úvod

Pomocí Lean metody lze opravdu 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.

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.

Cílem této bakalářské práce je poukázat na vhodnost a důležitost této metody 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

Co je Lean? Co si pod tímto slovem můžeme představit? V překladu je toto slovo štíhlý nebo chcete-li hubený. Ale i tak si lze tento výraz vysvětlovat na základě subjektivních znalostí a zkušeností různě. Pro člověka, který nepůsobí v technickém směru – hlavně v automobilovém průmyslu, může být tento termín dokonce neznámý.

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
- a 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, riskujeme ztrátu na základě změny poptávky a požadavků zákazníka. Čas je v tomto směru neúprosný a včerejší novinka na trhu může být zítra již zastaralá a nežádoucí. Ale nejen zub času hraje v tomto směru roli 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 dalších úprav a oprav.

Zbytečnými pohyby jsou myšleny například zadávaná data navíc. Informace, které nemají svého příjemce. Dále pak manipulace a hledání. Zde vzpomenu slova klasika ze známého filmu: „Je to sice dál, ale za to horší cesta“. Nikdo přeci dobrovolně a vědomě nebude ztrácet čas, úsilí ani své

prostředky. Špagetový diagram nám 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.

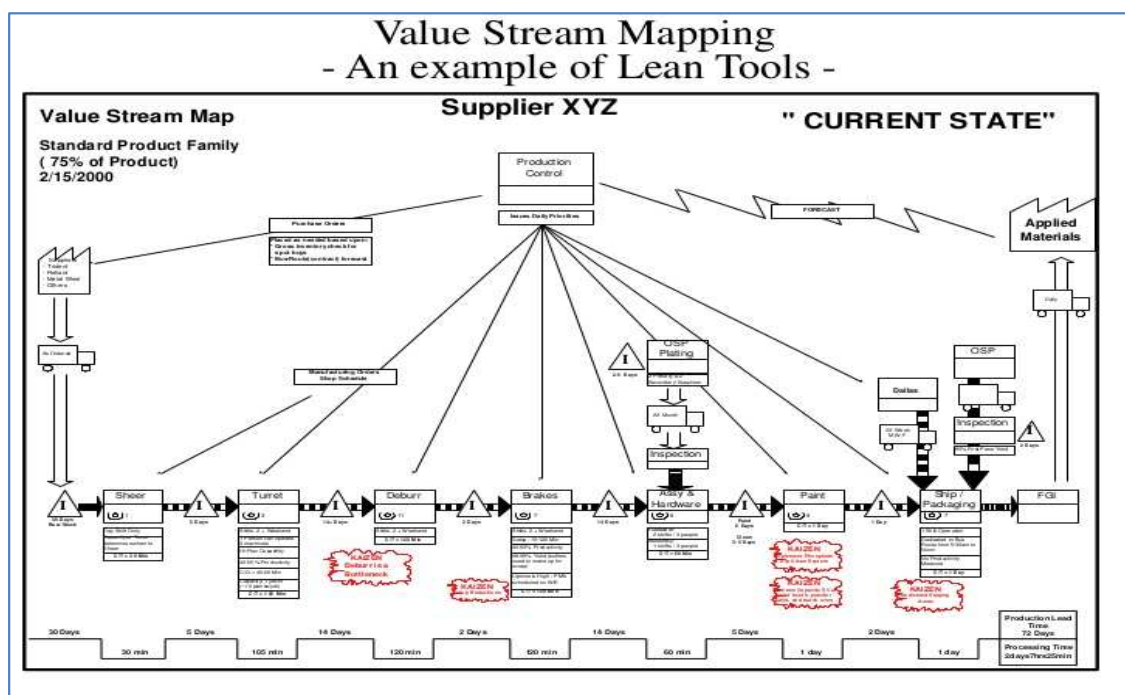
Doprava vždy byla, je a bude velkým potenciálem pro hledání ztrát a tím i úspor. Maximální využití balících a skladovacích jednotek, nákladního prostoru při přepravě je velkou výzvou. V opačném případě balíme a přepravujeme pouze vzduch.

Čekání, jak jistě všichni známe ze své praxe, je pro každého nepříjemné. Čekáme u lékaře, na autobus, nebo snad ve frontě v obchodě. Vždy si snažíme tento „hluchý a prázdný“ čas něčím vyplnit a tím si ono čekání zpříjemnit. Někdo sáhne po knize, jiný po svačině. V poslední době si vystačíme s telefony, i-phony a tablety. Serfujeme po internetu, hrajeme hry nebo jen posloucháme hudbu. Tak je to alespoň v mém případě. Ve výrobním procesu je situace poněkud odlišná, ale neméně nepříjemná. Čeká se na materiál, na informace a dokumenty, nebo snad na pomalejšího kolegu? V každém případě lze v rámci kreativity a zodpovědnosti tento čas využít. Čištěním stroje, okolního pracoviště, nebo pomocí zmíněnému kolegovi.

Doplněným druhem plýtvání je lidský potenciál. Často se setkávám 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 důvodu psychických. V dnešní uspěchané době nesou s sebou vysoké posty manažerských pozic obrovský tlak na duševno člověka.

1.2.3. Tok procesu

Pokud máme jasno ve specifikaci od zákazníka a máme odstraněné plýtvání, je na řadě optimalizace procesního toku. Jako úžasný a komplexní nástroj ke zmapování toku procesu používáme 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. Často 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 dosahujeme pomocí různých metod a nástrojů. Uvádím tedy 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, odкрыtí 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. Působím v jedné z těchto částí a jsem přímo zodpovědnou osobou za neustálé zlepšování a snižování procesních nákladů.



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 já zastávám pozici leadera.

Jeden z mých projektů se týká zjednodušení manipulace a všeobecně 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, tedy shromáždit 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. Ačkoliv se na první pohled může zdát, že v procesu nelze nic zlepšit, ušetřit a ulehčit tak práci operátorům ve výrobě, opak bývá často pravdou. Kolik zbytečných manipulací se zde skrývá? Kolik zbytečných kroků a pohybů rukou musí operátoři dělat? Kolik neefektivních činností? Je třeba tomu věnovat hodně úsilí a času, ale přinese to pak úsporu, ušetřené kroky, činnosti a ve výsledku i peníze. Pokud usnadníme operátorům práci, povede to k lepší pracovní atmosféře, zlepšení jejich pracovní morálky, potažmo snížení zmetkovitosti a tím i úsporám finančním. Vše do sebe zapadá, všechno se vším souvisí.

2.4. Hledání potenciálu ke zlepšení

Nejprve je pozornost věnována způsobu kazetování jednotlivých modulů. Různé délky, různé šířky, rozdílný vstupní materiál. Je velmi obtížné zde hledat nějakou spojitost a potenciál ke zlepšení či zjednodušení.

Po kazetování je na řadě letovací proces. K letování modulů je zapotřebí letovacích rámců, desek, klipů, podpěr a čepiček. To vše musí být zhotoveno z materiálu, který odolá vysokým teplotám v pecích a zároveň si zachová vlastnosti, pro které je používáme. 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 způsobem odebíraného 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 vzpěry, příčky a pomocné desky. Ale i zde jsou určité rezervy. Této problematice se hlouběji věnují naši kolegové z Německa 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 (to je systém, který se stará o minimalizaci neúmyslných chyb, chyb z nepozornosti) v kazetovacích zásobnících, není zde příliš prostoru k úpravám. Letovací klipy na tom nejsou v možnostech pro zlepšení o nic lépe. Existují skupiny modulů o stejné délce a pro ně jsou určeny stejně dlouhé klipy.

Jako potenciál ke zlepšení se jeví oblast letovacích podpěr a čepiček. Následně je celý projekt zaměřen do této oblasti.

3. Návrhy opatření na zlepšení stávajícího stavu

3.1. Stanovení cíle

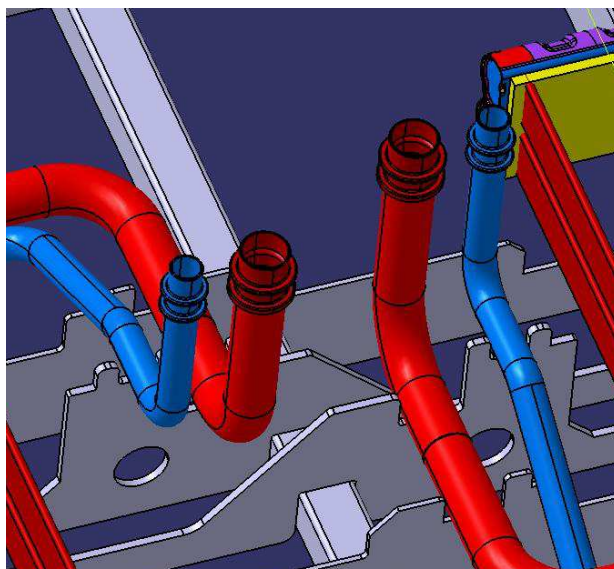
Na základě rozměrové shody základních rozměrů ústí obou přípojných trubek i jejich vzájemné vzdálenosti u velké většiny našich modulů je stanoven cíl projektu: navrhnout letovací čepičku tak, aby zahrnovala minimálně 90% naší produkce.

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 pozici a poloze vůči samotnému bloku.

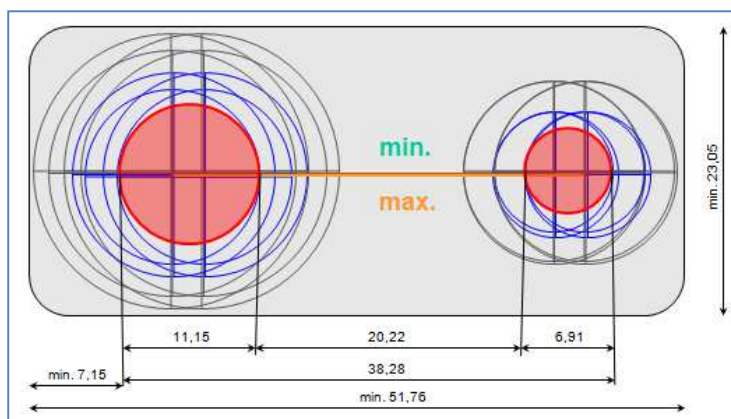
Pozici řeší a fixuje tzv. podpěra, která je na některých modulech integrovaná přímo v rámu (viz obr. 3), na některých je nutno ji namontovat a znovu demontovat. Některé moduly podpěru mít vůbec nemusí.

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

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



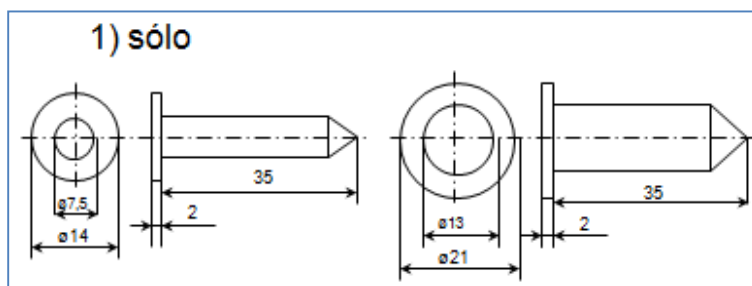
5). Oblast červených polí je prázdný prostor, společný pro většinu modulů z naší produkce. Tento prostor lze využít pro konstrukci univerzální letovací čepičky.

Obrázek 5: Grafické zobrazení rozměrů přípojních trubek

3.2.1. První prototypy

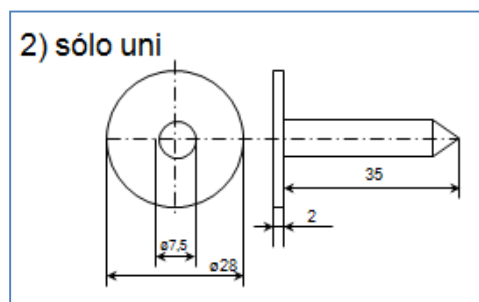
Na základě znalostí a zkušeností z praxe o funkci, náročnosti a požadovaných vlastnostech čepičky jsou navrženy první prototypy.

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



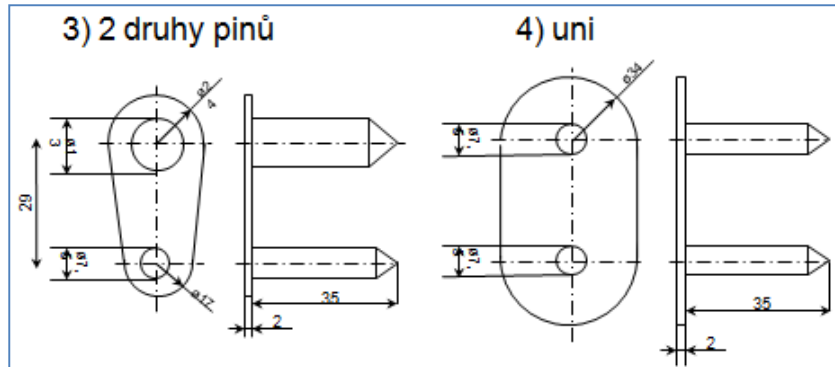
Obrázek 6: Prototypy 1A a 1B

Jednopolový 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

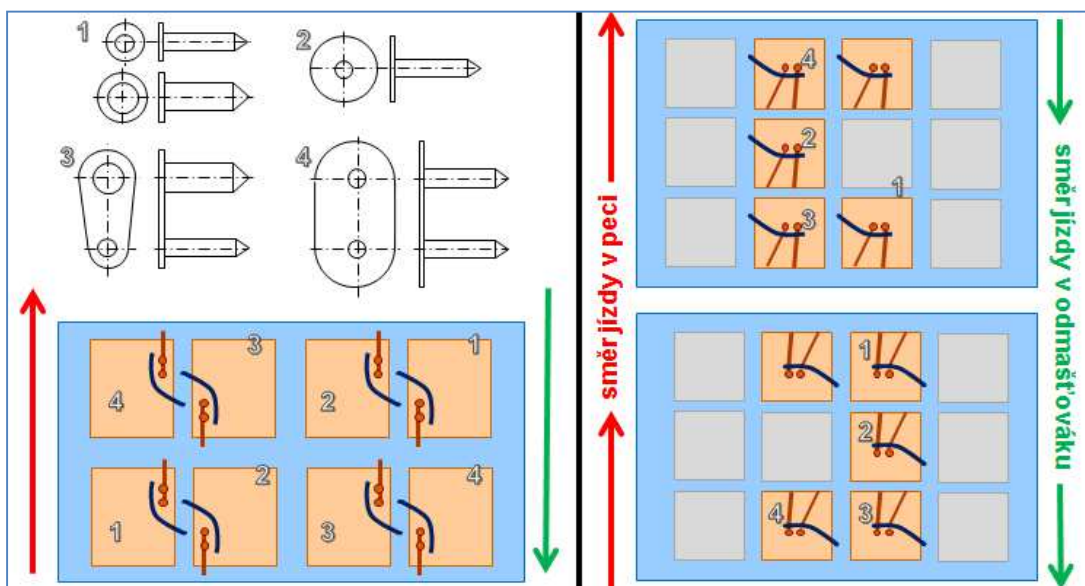
Dále je zvažováno, zda zakrytí ústí obou trubek bude oddělené či společné. Zatím není vůbec řešeno ukotvení čepičky společně s fixací přípojných trubek do podpěr. Sadu prvních prototypů doplňují dva návrhy na společné zakrytí, kde je využito kombinace prvních prototypů (viz obr. 8). Návrhům je dána výkresová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



Obrázek 8: Prototypy 3 a 4

3.2.2. První testy

S prototypy jsou provedeny první testy. Testům musí předcházet dostatečná příprava. Nelze nic opomenout. Už jen provoz pece je nemalou finanční zátěží a k tomu je přidáno několik kusů z nominovaných modulů, kterých náklady půjdou na vrub testům. První testovací rám je puštěn do pece, první bloky a čepičky. Nutno postupovat dle předem připraveného rozpisu (viz obr. 9).



Obrázek 9: Rozpis prvního testování prototypů

Při výstupu prvního rámu z pece (viz obr. 10) se zdá být vše v pořádku.



Rychlá kontrola přítomnosti čepiček. Jsou všechny, žádná nechybí. Nechybí nic, co by mohly závěsy v peci zachytit a shodit. Pozice přípojných trubek je

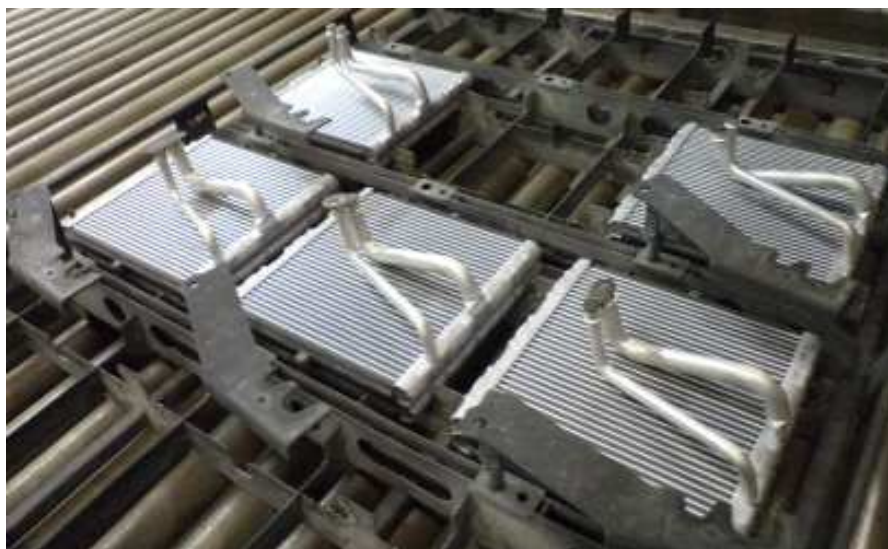
Obrázek 10: První rám při výstupu z pece

zdá se také v normě.

Po odstrojení prvního rámu jsou připraveny další dva. Je zvoleno užití vnitřních pozic v rámu. Dokonce jeden blok na každém rámu nemá zakrytí přípojných trubek vůbec. Tyto kusy lze poté použít na testy vnitřní čistoty. Po uplynutí téměř hodiny (tak dlouho trvá proces letování v peci), jsou oba očekávané rámy u výstupu z pece. Už na první pohled je zřejmé, že něco není v pořádku (viz obr. 11 a 12). Přípojně trubky nemají správnou polohu ani pozici, jsou spadlé na blok a ten je zdeformován. 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:

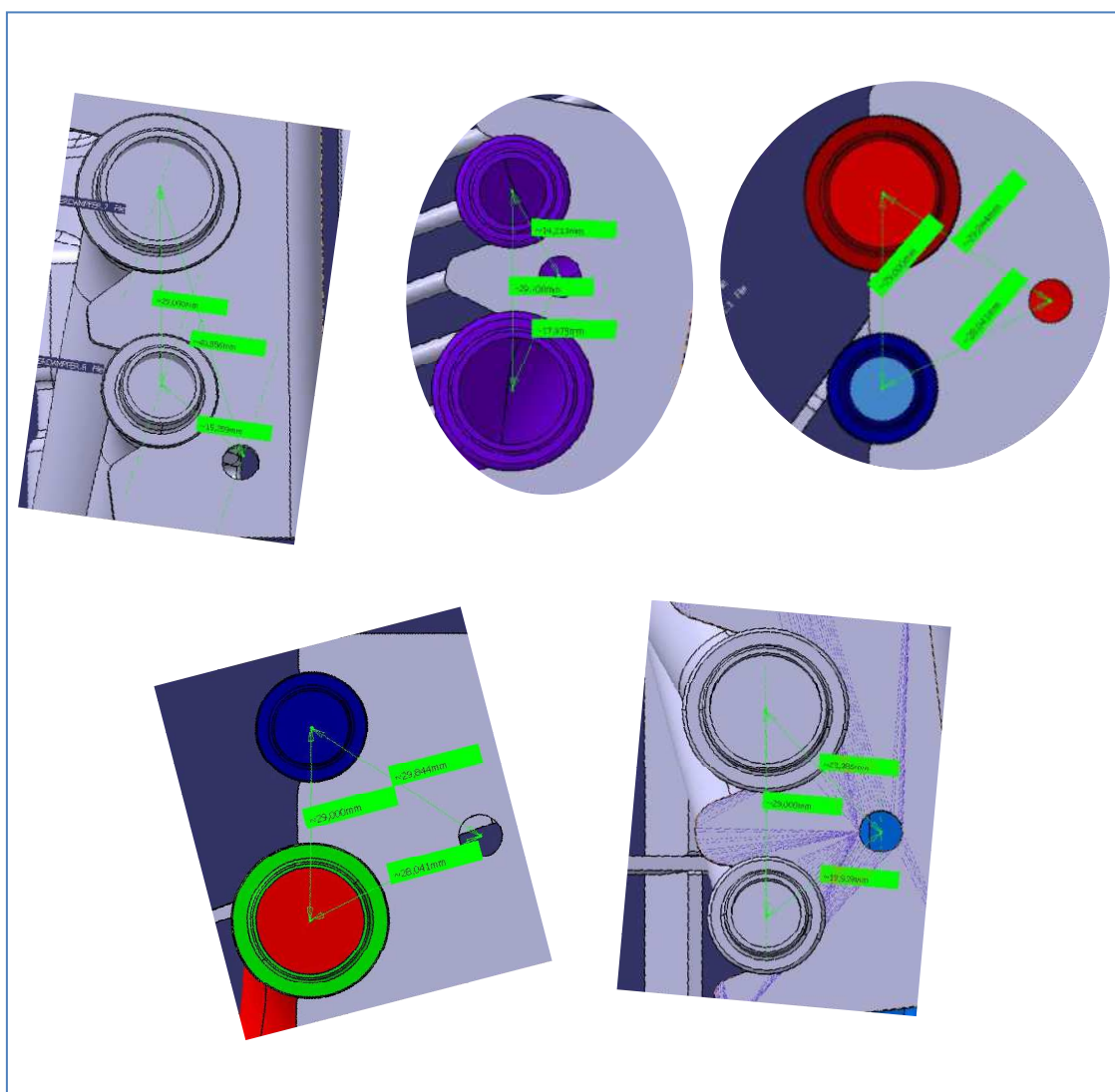
- všechny testované čepičky jsou vhodné k dalším testům – nebyly shozeny závěsy v peci a splnily svou funkci krytí přípojných trubek,
- podpěry pro modul č.1 jsou fixovány k sobě navzájem → všech 8 ks OK,
- jelikož podpěry na rámu 2 a 3 nebyly fixovány čepičkou k přípojným trubkám → vyhnutí podpěr z 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.

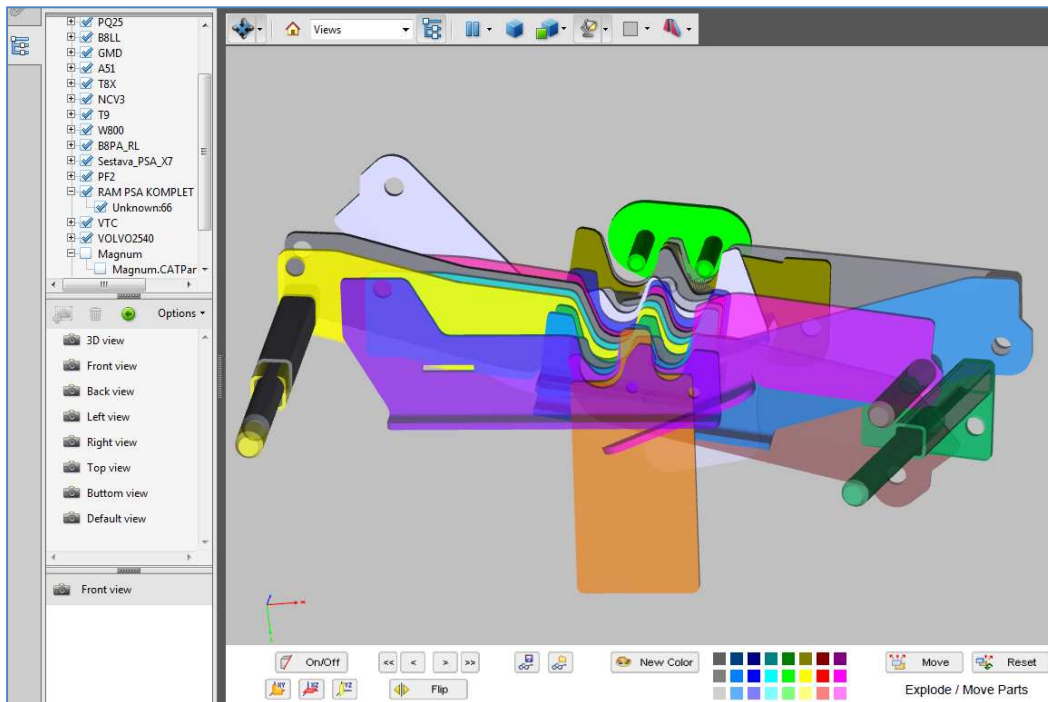
4.2. Pozice fixačního otvoru

Sjednotit pozici fixačního otvoru nebude jednoduché. 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.



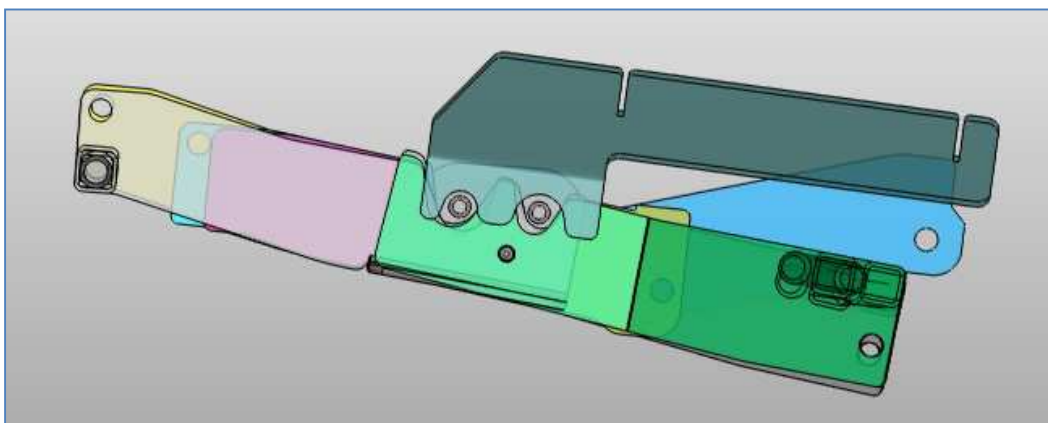
Obrázek 13-17: Pozice ústí přípojných trubek a otvor pro aretační kolík v podpěře pro různé moduly

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. Snaha 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 vyjímat 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 obrovskou výhodou tohoto programu je výstup do *pdf, v němž se dají dělat stejné pohyby jednotlivých částí bez nutnosti nainstalování speciálního softwaru na výkresová data. Lze ho tedy bez problémů využít při prezentacích.

4.3. Stav současných čepiček

A jak jsme na tom s čepičkami dnes? Jaký je původní stav? Na základě inventury je zmapován stav celého sortimentu čepiček (viz tabulku 3).

Máme třináct druhů různých letovacích čepiček respektive krytek a jeden druh komplexního tzv. kaslíku, který zakrývá při letování všechny bloky na jednom rámu. Některé jsou v řádech desítek kusů, některé v řádech stovek kusů. 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

Tabulka 3: Inventura letovacího materiálu

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		
VC		381	345	405	329
BM		nepoužívá se	102		
DC	Z558	510	340		
DC		nepoužívá se	425		
W	Z558	575	539		
Au	Z558	1110	800		
Au	Z558	1035			
RM		nepoužívá se	40		
Vo		350	350		
Po		714	905		
PC	Z558	966			
PS	Z558	512			
PS	Z562	560			
W	Z561	323			
G1	Z561	360			
T	Z562	220			

těchto krytek. Celkový součet všech letovacích krytek překračuje 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 dost nákladná.



Obrázek 20: Krytka P

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

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

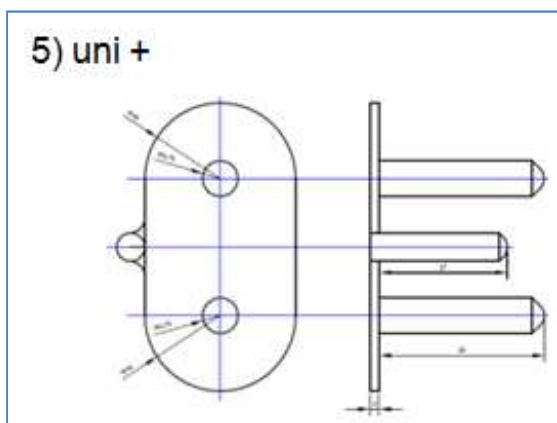


Obrázek 21: Krytka W



Obrázek 22: Krytka B8

4.4. Modifikace prototypů



Obrázek 23: Prototyp 5

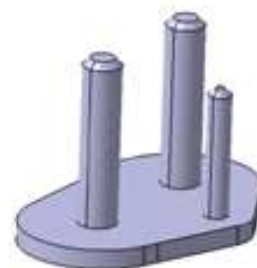
Na základě závěru z testování prvních prototypů je doplněn fixační, aretační kolík (viz obr. 23). Má důležitou funkci, kterou nelze vynechat.

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, nemluvě o snadnější manipulaci.

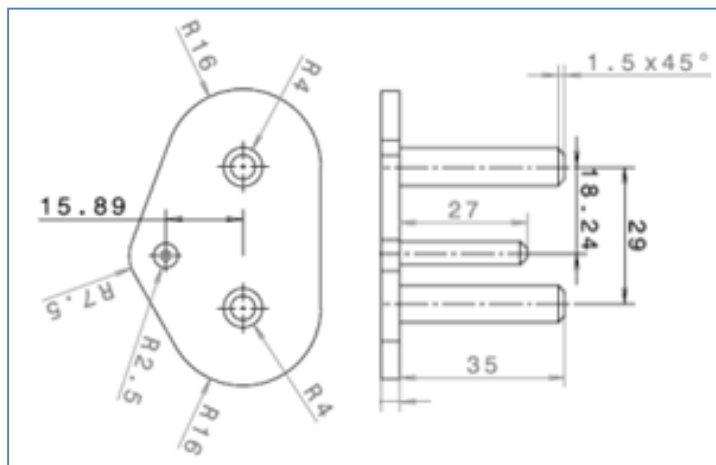
Deska, chcete-li podstava čepičky, musí být o tolik širší, kolik je volného prostoru při ukotvení slabého pinu v silné trubce. Neboli při každé krajní poloze úzkého pinu v silné trubce musí deska zakrývat celé hrdlo. Hůře se to slovně popisuje, nežli názorně předvádí.

Problém možná bude ve způsobu naváření aretačního kolíku. Musíme zajistit jeho pevné uchycení, odolné vůči deformacím a jiným nástrahám při manipulaci a samotném procesu letování. Lepší tedy bude zvětšit destičku respektive podstavu čepičky a aretační kolík do ní zapustit (viz obr. 24).



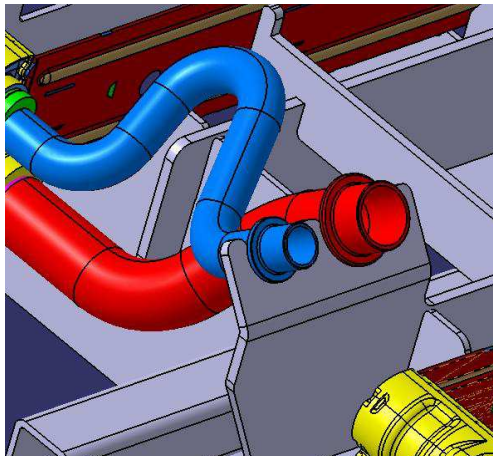
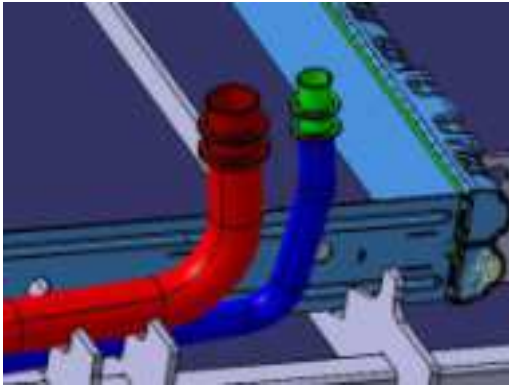
Obrázek 24: 3D model upraveného prototypu 5

Po zvážení procentuálního obsazení všech dosavadně používaných krytek, je navrženo umístění aretačního kolíku mírně do strany (viz obr. 25). Tak, jak je tomu u skupiny modulů pro krytku P. Tím nebude nutné podpěry nejpočetnější skupiny převrtávat a uni-čepičky můžeme rovnou nasadit do výroby.



Obrázek 25: Prototyp 5 s upravenou polohou aretačního kolíku

Je objednána zkušební dávka uni-čepiček. Počet 400 kusů bude dostatečný. Mohou se dělat zkušební testy, ověřovat hypotézy a doplňovat je o nové zkušenosti.



Obrázek 26-28: Příklady konců přípojných trubek

Po obdržení první dávky uni-čepiček je prověřováno, zda všechny moduly, které dle specifikací patří do skupiny vhodných pro uni-čepičku, mají vyhovující podmínky pro její užití v praxi.

Průběh přípojných trubek je někdy kuriózní (viz obr. 26-28), je zde velká variabilita a úkolem tohoto projektu je se s ní vypořádat. Vždy je posláno do pece několik kusů a očekává se, zda čepička splní svou funkci, nespadne a vše budete, jak má.

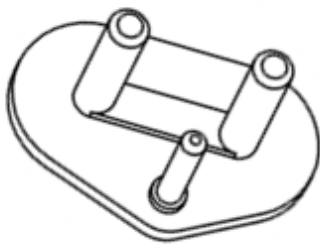
Zároveň je testována její odolnost vůči opakovanému vystavení vysokým teplotám v peci, nešetrnému zacházení, nevhodné manipulaci a podobně.

5. Rizika a kritická místa projektu

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

5.1. Aretační kolík

Dalším problémem je slabý aretační kolík. Vlivem manipulace je deformován a ohnut, takže neplní svou funkci správně. Kolík je přivařen roztavním materiálem - metodou TIG. Materiál sice



Obrázek 29: Finální podoba uni-čepičky

zateče do spár vedle kolíku, ale tím se jeho pata zeslabí. Po konzultaci s výrobcem a zároveň 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.

5.2. Projekty se špatnými daty?

V jednom případě, u jednoho modulu je rozdíl mezi výkresovými daty a tím, co je ve skutečnosti ve výrobě. Jedná se o podpěru k modulu, u kterého je započítána vhodnost uni-čepičky bez jakýchkoliv úprav a opatření. V praxi není mezi plochou podpěry a osami přípojných trubek kolmost jako v datech. Aretační kolík nedosáhne do otvoru v podpěře (viz obr. 30).



Obrázek 30: Aretační kolík nedosáhne do otvoru v podpěře

Zde se nabízí otázka: Co je správně? Jsou správná data a musíme podpěry podle nich upravit? Nebo nebyla zaznamenána do dat poslední modifikace podpěr? Při zvažování pro a proti je méně nákladná druhá varianta. Tím se zmenšuje procento produkce, kde není třeba úprav a naopak se zvyšuje procento s nutností výroby nových podpěr nebo úpravy těch stávajících. Tento modul tvoří téměř desetinu veškerého objemu naší výroby a to je nemalé množství.

5.3. Jiný způsob fixace podpěr

Pokud bychom chtěli jít cestou čepiček bez aretačního kolíku, museli bychom podpěru fixovat ve své pozici jiným způsobem. Jsou zkontrolovány rámy i podpěry na různých modulech. V některých případech lze zajistit stálou pozici podpěry. Obnáší to ale spoustu úprav a tím i nákladů. V ostatních případech je tato fixace nemožná.

5.4. Úpravy nebo nové podpěry?

Ačkoliv by se mohlo zdát, že úprava již používané podpěry je snadná záležitost a jednoduše lze do ní vyvrtat další otvor, opak je bohužel pravdou. Materiál, který je několikrát vystaven vysokým teplotám, jako jsou v na-

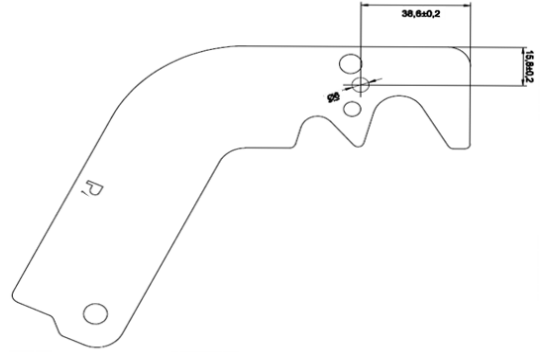


šich pecích, je velmi tvrdý a jakékoliv dodatečné úpravy jsou nesnadným úkolem. Příklad úpravy pozice je na obrázku 31. Stále se tedy zvažuje, zda není snazší a méně nákladné nechat vyrobit podpěry zcela nové.

Obrázek 31: Příklad úpravy podpěry pro uni-čepičku

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

Nechávají se zkreslit všechny podpěry s nutností úpravy. Nový otvor je okótován (viz obr. 32). Zároveň je stanoven časový plán pro úpravy jednotlivých modulů, přičemž se musí zohlednit potřeba pro výrobu a nelze je odebrat hromadně. Využit lze pouze volných víkendů, kdy se nevyrobí. Vše je na dohodě s firmou, která bude úpravy provádět.



Obrázek 32: Výkres pro úpravu podpěry

6. Implementace uni-čepičky do výroby

V této fázi se již může nacenit celkové potřebné množství čepiček. Pochopitelně čím větší množství kusů bude poptáno, tím zajímavější bude pro nás cena za jejich výrobu. Ale nepotřeba takového množství jako je součet stávajících. Kalkulace zohledňuje potřebu počtu kusů v koloběhu procesu plus něco navíc pro manipulaci a případné čištění a údržbu. Suma sumárum je celkový počet potřebných uni-čepiček necelé čtyři a půl tisíce. Na základě možností výrobce uni-čepiček je poptáno další množství. Dalších tisíc kusů. Mezitím ty, které jsme získali v první dodávce, stále kolují v letovacím procesu. Bez problémů.

6.1. Postupné zavádění

Stejně jako úprava podpěr i implementace čepiček musí mít svůj přesný plán. Na základě stanovených priorit a možností ze strany výroby. Přednost mají moduly bez nutnosti úprav. K nim se přičítají i ty, které nemají potřebu aretačního kolíku vůbec. V součtu je to více než polovina celé naší produkce (viz tabulku 4).

U některých modulů je výroba teprve v začátcích a neznáme jejich budoucí odvolávky a procentuální podíl na výrobě.

Dle seznamu se připojuje modul za modulem. Současně je objednána další dávka již posledních tří tisíc kusů uni-čepiček. Zároveň postupně stahujeme z výroby staré, nepotřebné krytky.

Tabulka 4: Přehled modulů bez nutnosti úprav

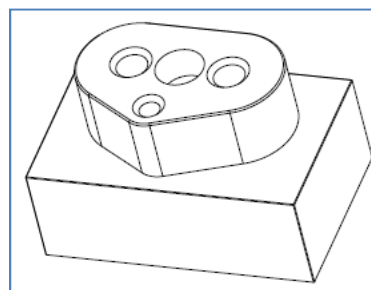
Rozměr jako P:		Bez potřeby kolíku:	
P	11,13%	L	10,23%
A	4,52%	2	7,72%
T8	4,58%	LF	0,58%
N	3,27%	9	1,33%
T9	4,80%	G1	0,53%
VT	1,34%	Ma	0,02%
DA	0,32%	21	0,00%
X7	0,45%	W	0,40%
T3	?	Σ 20,80%	
TX	?		
UP	?		
Σ 30,42%		Celkem:	51,22%

6.2. První ohlasy

Koloběh uni-čepiček je pod bedlivým dohledem. Zjišťují se případné dotazy, komplikace, námitky a jiné ohlasy. Jsou maximálně pozitivní. Jejich jednoduchý design, snadná manipulace, univerzálnost, všestrannost, úspora místa a další pozitiva, která jsou ze strany výroby na adresu uni-čepičky. Je to obrovská motivace do budoucna.

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 je určen kalibr na obrázku 33. Stanovuje se frekvence kontroly a je zhotoven k tomu i patřičný návod.



Obrázek 33: Kalibr

6.4. Standard pro nové projekty

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

6.5. Pozitivní vliv i v jiných oblastech

Z důvodu menšího výskytu chyby „Vypadávající silná přípojná trubka“, se kterou byly v minulosti velké problémy, je provedena analýza vlivu uni-čepiček i v této oblasti.

Jsou provedeny kontrolní náměry trubek. Vše je dle specifikace a významně se neliší od rozměrů trubek použitých v minulosti. Důvod pozitivní změny je tedy v nastavení procesu. Přímý vliv lisování není potvrzen. Změna je v použitém letovacím materiálu. Nové univerzální čepičky díky prostorové rezervě mezi otvorem přípojně trubky 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 níže 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

Připočtením modulů, u kterých nebylo úprav zapotřebí, je tedy celkový procentuální podíl pokrytí naší produkce uni-čepičkou 93,07%.

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

Ačkoliv úspora nebyla vyčíslena v penězích, z hlediska procesu je tato změna velmi přínosná. Méně manipulace, méně nákladů na regeneraci letovacího materiálu a přípravků s tím spojených, méně zastavěné drahé výrobní plochy, méně příležitostí k záměnám, více spokojených operátorů a v neposlední řadě zprůhledněný a zjednodušený výrobní proces jako takový.

8. Závěr

Závěrem je dobré poukázat na to, že ne vždy je nutné hledat finanční přínosy, abychom zlepšili proces. Ačkoliv zde není vyčíslena žádná závratná suma úspory, která by jistě potěšila všechny zainteresované osoby, tento projekt má obrovský dopad na myšlení nás všech. Svým způsobem nám otevřel oči a změnil náš postoj k problematice úspor.

V naší hektické době, kdy jsou kladeny obrovské nároky na kvalitu a s tím spojeny nemalé náklady, právě přístupem Leanu lze v dravé konkurenci obstát.

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

Přílohy

Obsah přiloženého CD

- bakalarska_prace_2015_Denisa_Slaninova.pdf
- bakalarska_prace_2015_Denisa_Slaninova.doc
- kopie_zadani_bakalarska_prace_2015_Denisa_Slaninova.pdf
- simulace_pozice_podpery_uni-cepicka.pdf