

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Procesní implementace ultrazvukového svařování

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá možností využití ultrazvukového svařování v sériové výrobě výparníku. Hlavním cílem bylo vyvinout plastový kryt, jenž lze navařit na kolektor hliníkového výparníku pomocí technologie ultrazvuku a nahradit tak stávající hliníkový kryt nevyhovující pro sériovou výrobu. Dalšími kroky byly návrh implementace do procesu sériové výroby a finanční stránka projektu.

Klíčová slova

Ultrazvuk, svařování, plast, hliník, kryt, výparník, klimatizace, výrobní proces, 3D tisk.

Abstract

This diploma thesis is focused on possibility to use ultrasonic welding in evaporator serial production .The main objective was to develop a plastic cover that could be welded to collector of aluminum evaporator using the technology of ultrasound and to solve the problem with existing aluminum cover. Next goals were to create proposal of implementation to serial production process and to evaluate financial aspects of the project.

Key words

Ultrasound, welding, plastic, aluminum, cover, evaporator, air conditioning, production, 3D print

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

Podpis

V Plzni dne 13.5.2016

Bc. Martin Onderka

OBSAH

ÚVOD.....	8
SEZNAM SYMBOLŮ S ZKRATEK	9
1 ULTRAZVUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ.....	11
1.1 Základní proces ultrazvukového svařování	12
1.2 Použití technologie ultrazvukového svařování	15
2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	16
2.1 Představení produktu	16
2.2 Chladicí oběh	17
2.3 Chladicí oběh s dvoufázovým médiem.....	19
3 SOUČASNÝ STAV	22
4 PRODUKTOVÉ NÁVRHY	24
4.1 DUKANE IAS	24
4.2 Konzultace plastového krytu.....	25
4.3 Realizace plastového krytu	25
4.4 3D tisk.....	27
4.5 Proces ultrazvukového svařování	28
4.5.1 Průběh svařování	28
4.5.2 Použité zařízení	29
4.6 První prototypy	30
4.7 Seznam testů	31
4.7.1 Test opakované manipulace.....	31
4.7.2 Manipulační test do destrukce	32
4.8 Průběh testování verze 01	33
4.9 Přehled a výsledky dalších verzí plastového krytu	37
4.9.1 Verze 2 a 3.....	39

4.9.2	Verze 4.....	41
4.9.3	Verze 5.....	42
4.9.4	Verze 06.....	43
4.10	Závěr testování plastových krytů	49
5	PROCESNÍ IMPLEMENTACE	50
5.1	Schéma výrobní linky	50
5.1.1	Brazing (pájení)	50
5.1.2	Finishing	51
5.2	Implementace ultrazvukového svařování do sériového procesu	52
5.2.1	Výchozí stav	52
5.2.2	Návrh č. 1	55
5.2.3	Návrh č. 2	56
5.2.4	Návrh č. 3	57
5.2.5	Shrnutí	57
5.3	Postup pro implementaci nového zařízení	58
5.3.1	Validace projektu.....	58
5.3.2	Funkční specifikace	60
5.3.3	Výběr dodavatele.....	62
5.3.4	Designová fáze	64
5.3.5	Instalace zařízení	65
5.3.6	SOP.....	66
6	CENOVÁ KALKULACE	67
	ZÁVĚR.....	70
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	72

ÚVOD

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na implementaci ultrazvukového svařování do sériového procesu výroby výparníků. Zabývá se potvrzením schopnosti navařit plastový kryt na hliníkový výparník za použití technologie ultrazvuku a tím nahradit stávající hliníkový kryt. Kryt slouží k mechanickému zpevnění výparnickového bloku v místě, kde může dojít k jeho prasknutí z důvodu manipulace během výroby nebo montáži do vzduchové jednotky klimatizace. Důvodem této změny je eliminovat počet vadných kusů během výroby, souvisejících s pájením stávajícího hliníkového krytu. Práce je rozdělena do třech hlavních částí.

První část se zabývá návrhem a vymodelováním plastových krytů a výběrem technologie výroby prvních prototypů. Tato část dále obsahuje popis průběhu navařování plastových krytů na hliníkový výparník využitím ultrazvukové svářečky firmy Dukane a popis následného mechanického testování v laboratořích Valeo.

V druhé části této práce jsou uvedeny jednotlivé návrhy implementace stanoviště s ultrazvukovou svářečkou do sériového výrobního procesu tak, aby řešení nenarušilo jeho tok a bylo co nejefektivnější. Následuje přehledný popis jednotlivých kroků a úkolů, které musí být splněny pro úspěšnou instalaci nového jednoúčelového zařízení do sériové výrobní linky.

Poslední část této práce obsahuje finanční stránku daného projektu. První byla navržena cena jednoúčelového stroje firmou Dukane, dále byla poptána cena plastových krytů při určitých odebíraných objemech po dobu života projektu u firmy Pehtoo. Závěrem je uvedeno cenové porovnání a případná návratnost tohoto projektu.

SEZNAM SYMBOLŮ S ZKRATEK

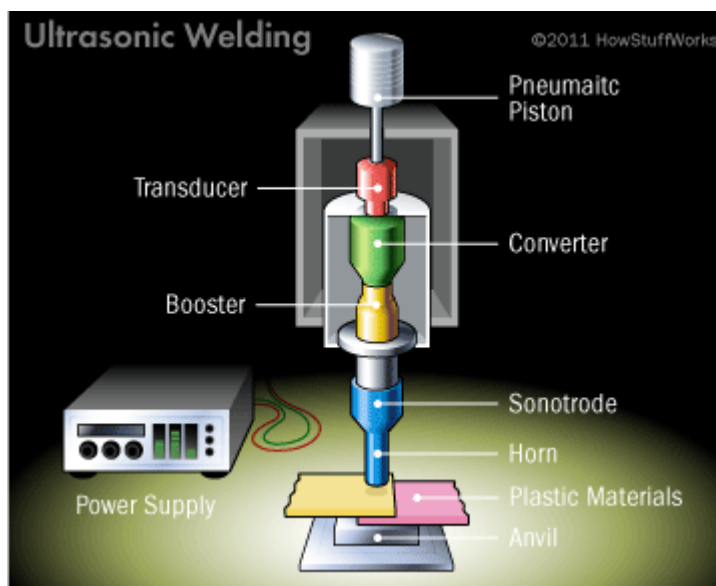
ABS	Akrylnitril-Butadien-Styrol
ASA	Akrylnitril-Styrol-Arcylester
bar	Jednotka tlaku
Brazing	Linka pájení
CLOE	Výparník technologie 48 mm
Core assembly	Pracoviště montáže bloků
Cover	Zpevňující komponent bloku
eEPC	Event-driven Process Chain - Diagram procesu řízeného událostmi
Fin	Lamela
Finishing	Dokončovací montážní linka
FMEA	Analýza možných vad a jejich důsledků
FPD	Celodenní sériová výroba
GF	Glass Fibers – sklené vlákna
h	Entalpie
HVAC	Vzduchová jednotka klimatizace
Hz	Herz
Inner fin	Vnitřní tvarová lamela
Kč	Koruna česká
LHD	Left-Hand Drive
LLC	Lesson Learned Card
LUCIE	Výparník technologie 38 mm
Min	Minuta
mm	Milimetr
MTPH	Model Tvorby Přidané Hodnoty
N	Newton
p	Tlak
PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
PP	Polypropylen
QCD	Kvalita, Cena, Dodání
R134a	Chladicí médium
RFQ	Žádost o cenovou nabídku

RHD	Right-Hand Drive
s	Entropie
Scrap	Vadný kus během výroby
Sekunda	Jednotka času
SOP	Start produkce
ŠK	Špatný kus
Work-flow	Pracovní postup

1 ULTRAZVUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ

Technologie zvaná ultrazvukové svařování se používá pro montáž výrobků v mnoha průmyslových odvětvích, například ve zdravotnictví, textilním průmyslu, automobilovém průmyslu atd. Obvykle se můžeme setkat se spojováním materiálů různými upevňovacími prvky. Například upevňování pomocí hřebíků, šroubů a nití je vhodné pro spojování dřeva, kovů, textilu a plastů. U mnoha plastů je často používán také lepidlo, které tvoří chemickou vazbu mezi samotným lepidlem a povrchy lepených plastických materiálů. Kovy mohou být spojeny dohromady zahřátím jiných kovů, jako například u olovnaté pájky, kde je jako pojivo využito právě olovo (použití například u elektrických kontaktů). Alternativou může být klasické svařování, kdy jsou kovové povrchy dvou částí společně roztaveny a následně ochlazeny. Poté vznikne pevný nerozebíratelný spoj. Bohužel svařování obvykle vyžaduje otevřené ohně k dosažení vysokých teplot pro natavení kovových povrchů k sobě, což dělá tento proces velmi nákladným. [1]

Tato nová, nákladově efektivnější technika svařování byla představena již v roce 1940. Technologie ultrazvukového svařování využívající vysokofrekvenční zvukové vlny a tlak pro spojení dvou kovů dohromady, vyžaduje méně energie než konvenční svařování. Ultrazvukové svařování bylo vyvíjeno mezi léty 1950 až 1990. Ovšem až s příchodem elektronických zařízení, které umožňovaly řídit procesy strojů, se stala tato technologie velice populární a to zejména u svařování plastů. [1]



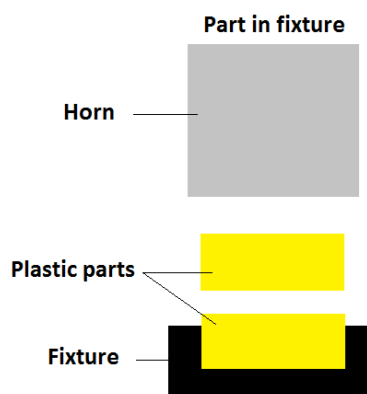
Obrázek č. 1 Ultrazvukové svařování [1]

Ultrazvukové svařecí zařízení sestává ze čtyř hlavních částí. První částí je napájecí zdroj, který převádí nízkofrekvenční elektrickou energii (50 - 60 Hz) na vysokofrekvenční elektrickou energii (20 - 40 kHz). Další součástí je měnič nebo převodník, který mění vysokofrekvenční energii na vysokofrekvenční zvuk (ultrazvuk). Následuje posilovací dělo, které zvětšuje ultrazvukové vibrace. Poslední částí je sonotroda, zařízení sloužící k přenášení ultrazvukové vibrace do materiálů v místě, kde je potřeba. Dalším doplňujícím dílem celkové sestavy ultrazvukové svařečky je kovadlina, kde jsou uchyceny jednotlivé svařované díly. V místě uchycení může být aplikována přitlačná síla (tlak vzduchu dodávaný pneumatickým pístem) sloužící k přidržení materiálů u sebe během procesu svařování. [1]

1.1 Základní proces ultrazvukového svařování

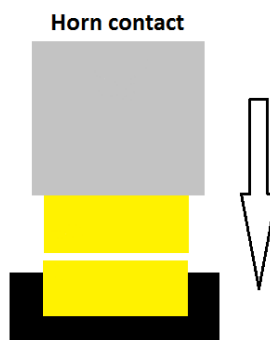
Následující kapitola popisuje krok po kroku princip ultrazvukového svařování.

1. Díly, které mají být svařeny, jsou umístěny do kovadliny a zafixovány.[2]



Obrázek č. 2 Fixace plastových dílů.[2]

2. Sonotroda je umístěna na plochu svařovaných dílů. [2]



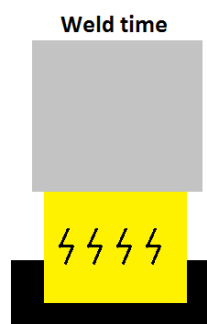
Obrázek č. 3 Kontakt plastového dílu se sonotrodou [2]

- Následně je aplikován tlak, aby sonotroda byla stále v kontaktu se svařovaným dílem a zároveň držela jednotlivé díly pohromadě. [2]



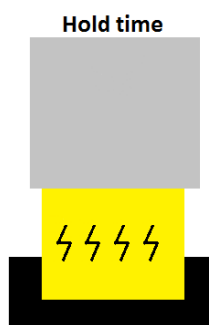
Obrázek č. 4 Aplikace tlaku [2]

- Sonotroda vibruje svisle 20 000 krát (20 kHz) nebo 40 000 krát (40 kHz) za sekundu, při vzdálenostech jednotek mikronů, po předem stanovenou dobu svařování. Prostřednictvím návrhu součástek, je vibrační mechanická energie aplikována pouze ve vymezených místech, kde se dvě součástky dotýkají. Mechanické vibrace jsou přenášeny prostřednictvím termoplastických materiálů, které mají společné kontaktní plochy sloužící k vytvoření třecího tepla. Dosáhne-li teplota na rozhraní spoje bodu tání, vibrace se zastaví a umožní plastu, aby se mohl začít ochlazovat. [2]



Obrázek č. 5 Svařování [2]

- Upínací síla součástek se po svařování udržuje ještě po určitý, předem stanovený čas. To poskytuje součástkám možnost dodatečného ochlazení a tuhnutí. [2]



Obrázek č. 6 Přítlačná síla [2]

6. Jakmile roztavený plast ztuhne, upínací síla je vypnuta a sonotroda se vrátí do základní polohy. Obě plastové součásti jsou nyní spojeny a odstraněny z přípravku jako jeden nerozebíratelný díl. [2]



Obrázek č. 7 Výsledný svařený díl [2]

Svařovací doba, aplikovaný tlak a teploty jsou řízeny mikroprocesorem, který je součástí vybavení ultrazvukové svářečky. To, co se odehrává ve skutečnosti v průběhu svařovacího procesu, závisí především na vlastnostech svařovaného materiálu. U kovů jsou ultrazvukové vibrace aplikovány rovnoběžně s rovinou materiálu, třecí teplo zvyšuje teplotu kovů na přibližně jednu třetinu teploty tavení daného materiálu. Z toho důvodu se samotné kovy netaví, ale pouze dochází k odstraňování oxidů kovů a filmu z povrchu. To umožňuje pohyb atomů kovu mezi dvěma povrchy, které následně splynou v jeden kus. [1]

V případě plastů se vibrace aplikují v kolmém směru k rovině materiálu. Třecí teplo zvýší teplotu materiálu na hodnoty, umožňující roztavení daného plastu. Molekuly obou plastů se smíchají v místě svařovaných ploch a po vychladnutí vytvoří pevný nerozebíratelný spoj. Doba svařování se může lišit, nejčastěji se však jedná o časy menší než půl sekundy. [1]

Faktory ultrazvukového svařování:

- frekvence zvukových vln (obvykle 20,30 nebo 40 kHz),
- tlak k dostatečnému přidržení svařovaných komponentů u sebe,
- doba, po kterou je ultrazvuk aplikován (desetiny až jednotky sekund). [1]

1.2 Použití technologie ultrazvukového svařování

Ultrazvukové svařování má mnoho výhod oproti tradičním metodám. První výhodou je, že svařování probíhá při nízkých teplotách a tak se nemusí vynakládat obrovské energie k dosažení vysokých teplot. Tato vlastnost dělá proces levnějším, rychlejším a bezpečnějším. Další výhodou je kratší doba svařování. Například schopnost spojení dvou plastů je rychlejší a vytvořený spoj je navíc pevnější. Tato technologie nevyžaduje hořlavá paliva ani otevřený oheň, takže ve srovnání s ostatními procesy je mnohem bezpečnější. Pracovníci nejsou vystaveni hořlavým plynům nebo škodlivým látkám. Stejný úkol může být proveden ultrazvukovým svařováním za zlomek času a bez vystavení pracovníků výparům z doutnajícího olova pájky. Ačkoli při ultrazvukovém svařování může dojít vysokofrekvenčním zvukem k poškození sluchu obsluhy stroje, toto nebezpečí lze však snadno odstranit uzavřením svářečky do bezpečnostního boxu nebo použitím chráničů sluchu. Poslední velkou výhodou je, že svařované spoje u stejných materiálů jsou pevné a odolné jako při použití konvenčních metod, což je jeden z hlavních důvodů, proč se tato metoda používá při výrobě automobilů. Jelikož výrobci automobilů chtějí mít auta lehčí a úspornější, obracejí se na hliník jako hlavní kov v karoserii. Ultrazvukové svařování spojí hliník v kratším čase a za použití nižších teplot. [1]

Tato technologie má však také své nevýhody. První z nich je hloubka svarů, která často bývá menší než jeden milimetr, takže proces funguje nejlépe u tenkých materiálů, jako jsou plasty, vodiče nebo tenké folie kovu. Druhou nevýhodou je, že ultrazvukové svařování nejlépe funguje při svařování dílu ze stejného materiálu. Navzdory těmto omezením popularita a potenciál této technologie stále roste. [1]

2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Předložená diplomová práce popisuje projekt probíhající v rámci oddělení výzkumu a vývoje ve společnosti Valeo. Tato společnost je stručně popsána v dalších odstavcích.

Valeo je nezávislá průmyslová skupina plně zaměřená na vývoj, výrobu a prodej součástek, integrovaných systémů a modulů pro osobní a nákladní vozy, které jsou určeny jak pro výrobce automobilů, tak pro trh náhradních dílů a také zvláště zaměřená na redukci CO2 emisí. Společnost vznikla v roce 1923 jako akciová poučnost nesoucí název Ferodo. V roce 1980 proběhlo přijetí jména Valeo.[3]

Ve 30 zemích se nachází 134 výrobních závodů Valeo, 20 výzkumných center a 35 vývojových center. Společnost aktuálně zaměstnává kolem 82 000 lidí po celém světě.

- **Systémy komfortu a podpory jízdy** vyvíjí systémy rozhraní mezi řidičem, vozidlem a prostředím, které pomáhají zlepšit jeho pohodlí a bezpečnost.
- **Systémy činnosti pohonů** vyvíjí inovativní řešení převodovek zaměřené na snížení spotřeby paliva a emisí CO2.
- **Tepelné systémy** vyvíjí a vyrábí systémy, moduly a komponenty, které slouží k řízení tepelné energie hnacího ústrojí a poskytují komfort v kabině pro všechny cestující.
- **Systémy viditelnosti** vyrábí inovativní systémy, které nabízejí řidiči dokonalou viditelnost, čímž se zlepšuje samotná bezpečnost řidiče i cestujících.



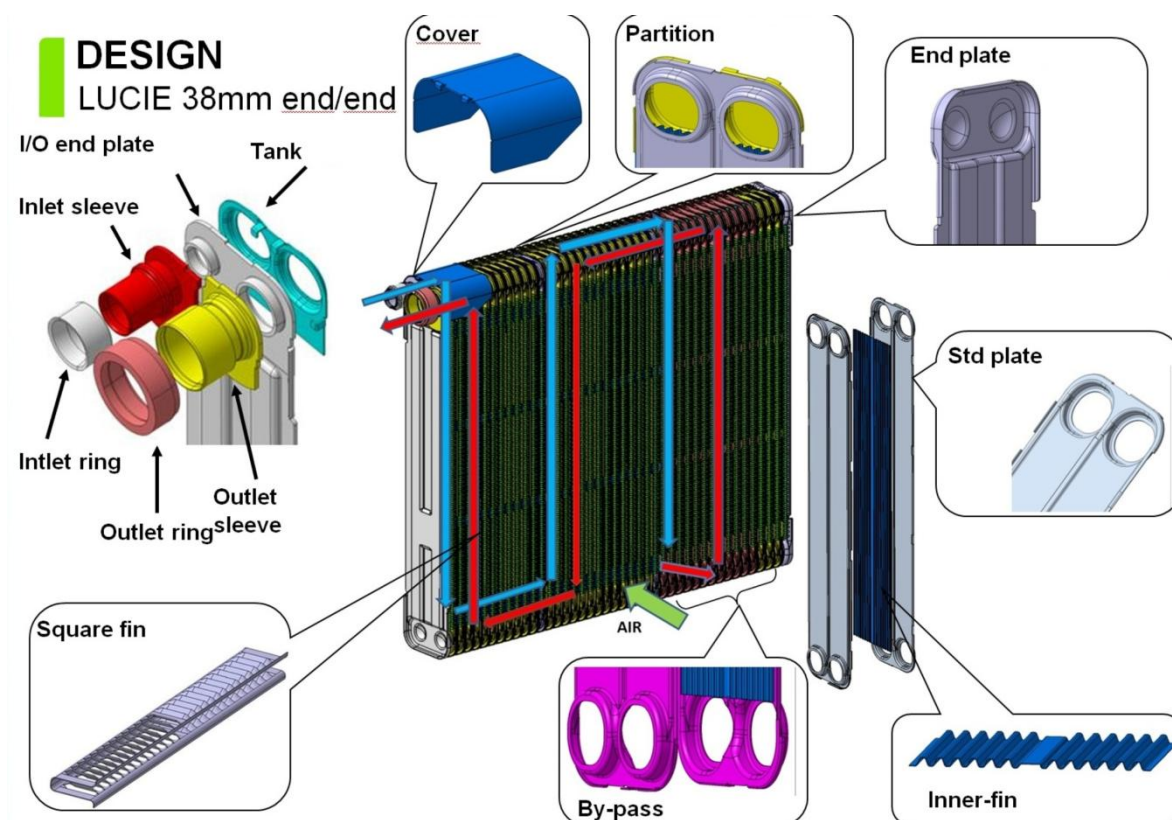
Obrázek č. 8 Čtyři hlavní obchodní skupiny společnosti valeo. [3]

2.1 Představení produktu

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací konceptu výparníkového bloku (produkt obchodní skupiny „tepelné systémy“). V následující kapitole bude popsána současná čtvrtá generace nesoucí název LUCIE. V další kapitole se nachází princip chladící oběhu klimatizace.

LUCIE

Čtvrtou generací výparnických bloků je typ s názvem LUCIE (Light Ultra Cooling Innovative Evaporator). Tato generace má z hlediska designu komponentů a skládání výparníku základ v předešlé technologii generace CLOE. Nejvýznamnější změnou oproti této generaci je samotné proudění chladicí kapaliny uvnitř výparnickového bloku, spolu s tím výrazně klesla také šířka výparnickového bloku ze 48 mm na 38 mm, a tloušťka použitého materiálu. Koncept výparníků vychází z trubkového návrhu, což **znamení** skládání standardních desek a finů (hliníkových lamel zvyšující plochu pro odvod tepla) do tzv. trubek. Z důvodu redukované šířky bloku má vstupní kolektor menší průměr než kolektor výstupní. Tento typ výparníku zahrnuje většinu produkce firmy a do příštích let je plánován další nárůst. Podrobné zobrazení jednotlivých komponentů a vzhled výparnickového bloku LUCIE je zobrazen pod textem na obrázku č. 9.

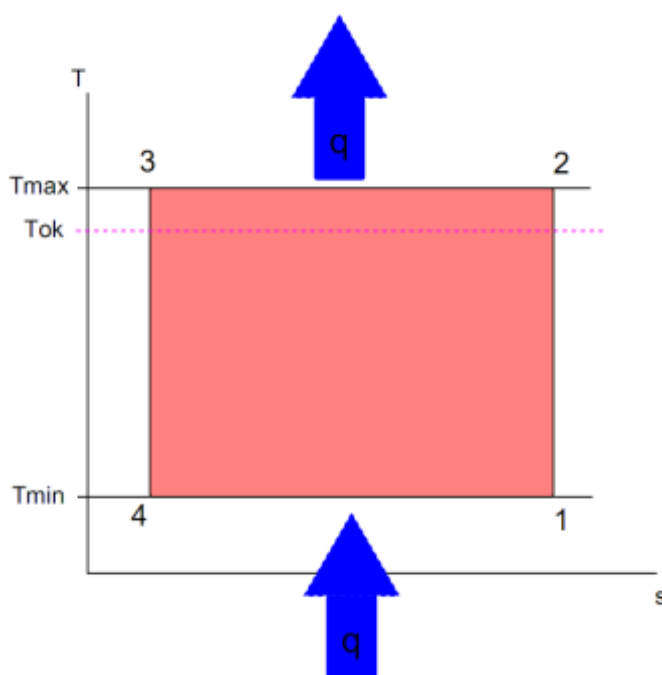


Obrázek č. 9 Výparnická blok generace LUCIE

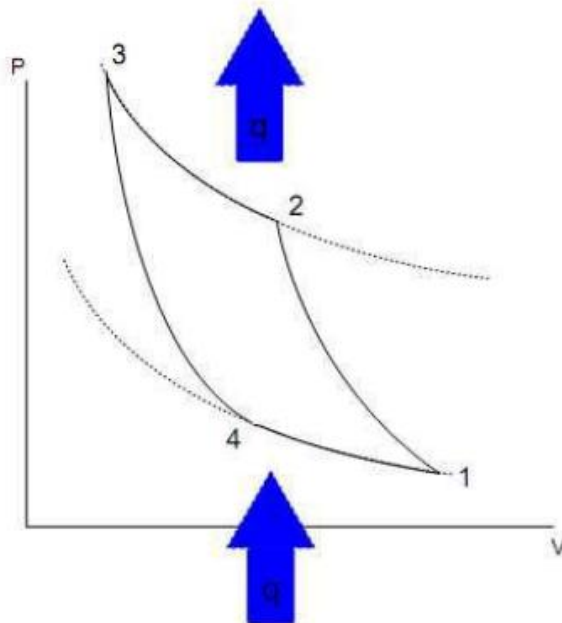
2.2 Chladicí oběh

Chlazení a veškerá chladicí zařízení se v posledních letech stala nedílnou součástí každodenního života, nejen v podobě ledničky či mrazáku, ale především velice rozšířené

klimatizace. Klimatizace byla v minulosti vnímána jako nadstandardní či až luxusní doplněk. Dnes je klimatizace poměrně rozšířeným prvkem, moderní budovy jsou dnes již při projektování vybaveny klimatizačními jednotkami, v automobilech je dnes klimatizace téměř základním vybavením a pozadu nezůstávají ani běžné domácnosti. V našem případě se však zaměříme na klimatizační řešení automobilu. Teoretický chladicí oběh získáme z běhu tepelného motoru obrácením jeho směru běhu, tedy z pravoběžného na levoběžný. Hlavním rozdílem mezi tepelným motorem a chladicím strojem je, že do chladicího oběhu musíme práci přivádět, kdežto v oběhu tepelného motoru práci odebíráme. Práci do oběhu musíme přivést, aby bylo možné chladivo čerpat na vyšší tlakovou hladinu. Chlazení chlazeného média probíhá ve výparníku. Zde dochází k varu chladiva, přičemž z okolí odebírá velké množství tepla, odpovídající výparnému skupenskému teplu chladiva. Teplota varu je závislá na tlaku uvnitř výparníku. Samotný okruh můžeme rozdělit na nízkotlakou větev a vysokotlakou větev. Využívá se tlak vyšší, než atmosférický aby bylo zabráněno vniknutí vzduchu do chladiva. V nízkotlaké větvi je zpravidla tlak do 3 barů, ve vysokotlaké může být až 20 barů v závislosti na druhu chladiva. Tekuté chladivo proudí z kondenzátoru do výparníku přes expanzní ventil. Ten zajišťuje, aby chladivo změnilo skupenství z kapalného na plyno-kapalné. Nežli vstoupí chladivo do kompresoru, musí mít čistě plynné skupenství, což zajišťuje výparník, kde dochází k vypaření zbytku kapalně fáze. To je zajištěno zaškrcením průtoku chladiva a odebráním tlakové energie. Vlastní princip je vysvětlen na příkladu Carnotova cyklu. [4], [5]



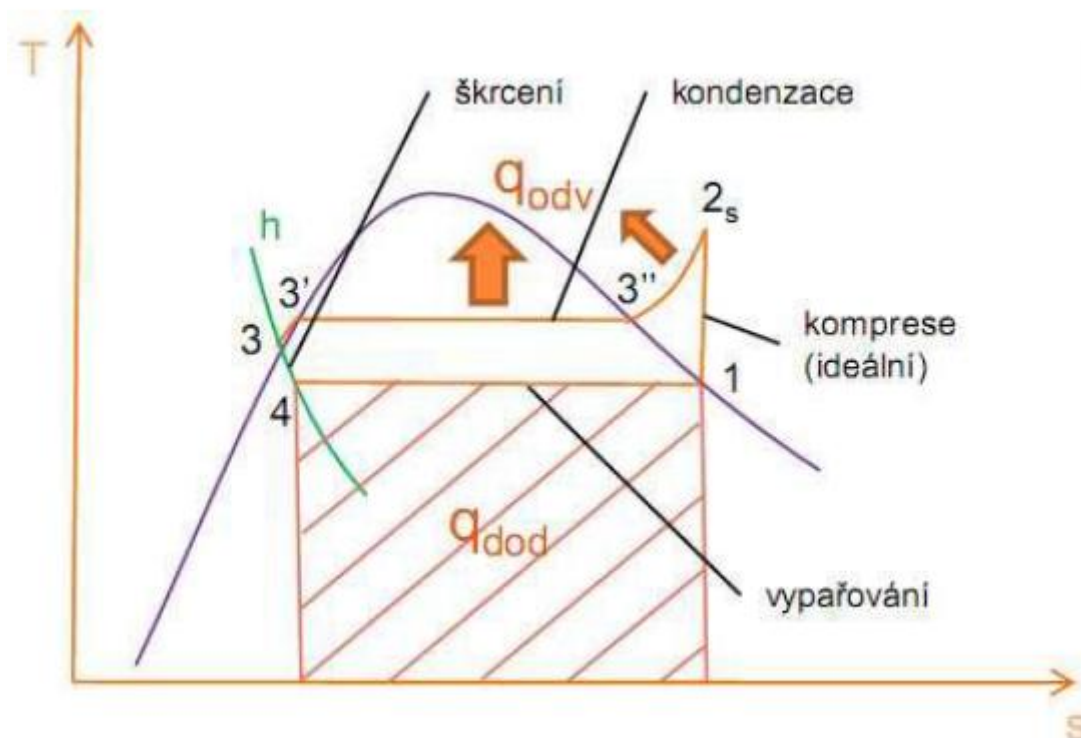
Obrázek č. 10 Obrácený Carnotův cyklus – TS diagram [6]



Obrázek č. 11 Obrácený Carnotův cyklus – PV diagram [6]

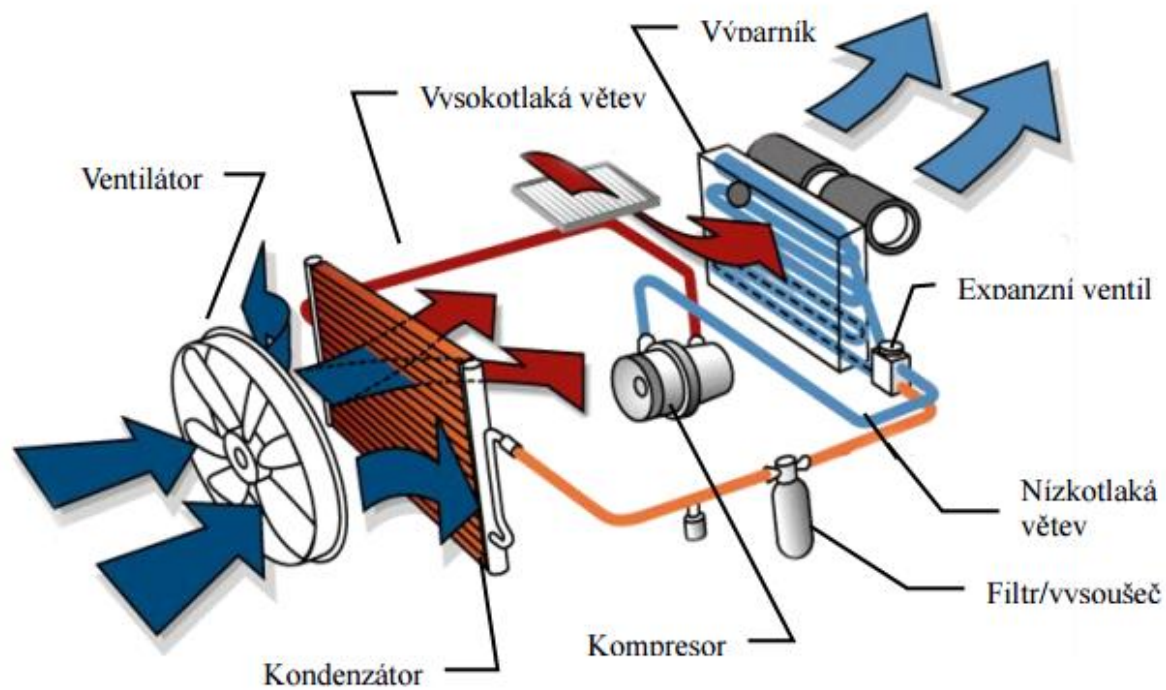
2.3 Chladicí oběh s dvoufázovým médiem

V automobilové klimatizaci je použité médium s kapalnou a plynnou fází. Konkrétně se jedná o oběh Clausius – Rankinův. Teplo je odebíráno v okolí výparníku, ve kterém médium přijme velké množství tepla (děj 4-1). Médium dále vstupuje do kompresoru, kde je (v ideálním případě) adiabaticky stlačeno na tlak p_2 (děj 1-2). Plynné médium dále prochází kondenzátorem, kde se přemění do kapalného stavu a předá teplo přijaté z chlazeného prostoru do okolí (děj 2-3). Pro zvýšení výkonu chlazení je médium vystupující z kondenzátoru mírně podchlazeno. To posune bod v diagramu $p - h$ více vlevo, čímž se zvýší rozdíl entalpií $h_1 - h_4$. Podchlazené médium tak ztratí tlakovou energii, částečně zkapalní (děj 3-4) a vstupuje zpět do výparníku. Výsledný chladicí výkon je pak dán rozdílem entalpií násobeným průtokem chladiva. [5], [6]



Obrázek č. 12 Clausius -Rankinův cyklus s dvojfázovým médiem [6]

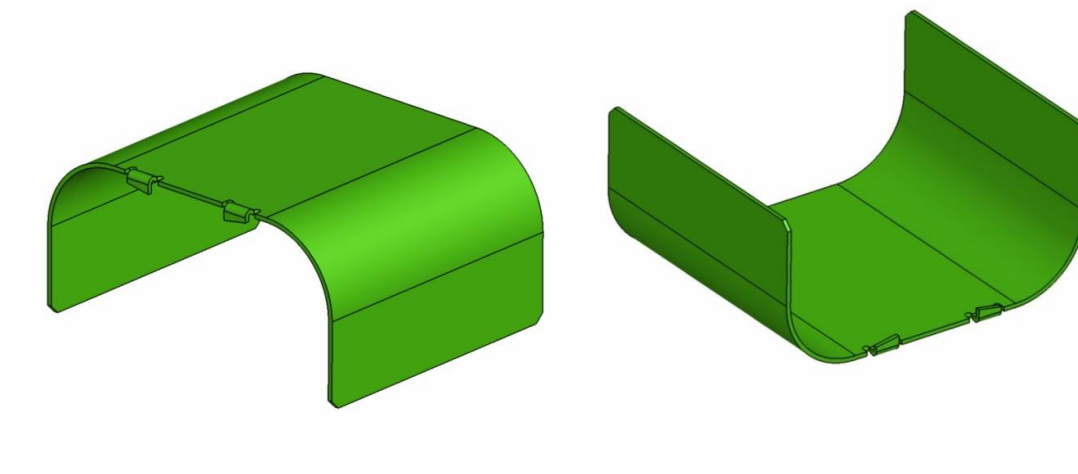
Chladicí oběh automobilu se skládá z kompresoru, kondenzátoru, výparníku, expanzního ventilu, filtru / vysoušeče a tlakového vedení. Jako chladicí médium se používá kapalina R134a. Kompresor klimatizace je poháněn klínovým řemenem z klikového hřídele. Kompresor stlačuje chladivo až na 20 barů do kondenzátoru. Stlačením se médium zahřeje a je ochlazováno v kondenzátoru proudícím vzduchem, čímž dochází ke kondenzaci a následnému zkapalnění média. Kapalně chladivo proudí přes filtr / vysoušeč, které odstraňuje nečistoty a případnou plynnou fázi. Expanzní ventil, před kterým se nachází kapalně, stlačené a filtrované chladivo, zajišťuje prudké snížení tlaku a zvětšení objemu, což způsobí prudký pokles teploty chladiva, které je doprovázeno změnou skupenství na plyno-kapalně. Toto chladivo přes stěny výparníku ochlazuje proudící vzduch a tento vzduch ohřívá chladivo. Dochází k vypařování zbytků kapalně fáze. Ochlazený vzduch je vháněn do kabiny automobilu pomocí ventilátoru. Vzduch je předem filtrován kabinovým filtrem, který také zabraňuje znečištění výparníku. Páry chladiva z výparníku jsou nasávány kompresorem a cyklus se opakuje. Schematický okruh chladicího oběhu je znázorněn na obrázku č. 13. [6]



Obrázek č. 13 Schematické uspořádání chladicího oběhu - klimatizace [6]

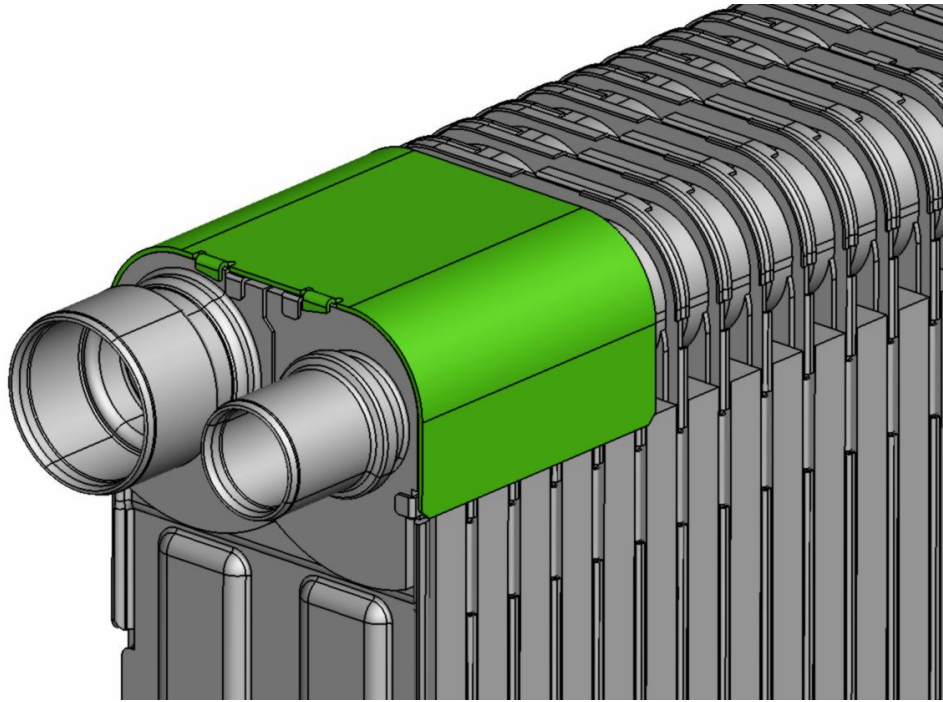
3 SOUČASNÝ STAV

Z důvodů uvedených v kapitole 2.1.1, kterými jsou snížená šířka bloku a tloušťka použitého materiálu, je výparníkový blok oproti předchozím generacím více náchylný na jakékoliv větší manipulace, např. nasazování trubek a ventilu, manipulace při balení a následné nasazování výparníku do HVACu (vzduchová jednotka klimatizace). Z toho důvodu je výparníkový blok typu LUCIE opatřen hliníkovým krytem, pokrývající plochu od koncové desky s vývody po pátoú trubku těla výparníku. Délka, tvar a rozměry hliníkové krytu byly stanoveny na základě velkého počtu měření a testování. Hliníkový kryt se nasazuje na výparníkový blok ještě před samotným pájením (postup výroby výparníku bude popsán v dalších kapitolách). Následuje pájení v peci, kde se hliníkový kryt pájí současně s kompletním pájením všech komponentů výparníkového bloku.



Obrázek č. 14 Stávající řešení hliníkové krytu

Na obrázku č. 14 je zobrazen 3D model stávajícího hliníkové krytu využívaného v sériové produkci. Na dalším obrázku je uveden 3D model sestavy výparníkoveho bloku s hliníkovým krytem.



Obrázek č. 15 3D model sestavy výparníkového bloku

Nevýhodou stávajícího řešení je výskyt vad během sériové výroby. K tomu dochází během pájení hliníkového krytu v peci, kdy kryt není dostatečně připájen k jednotlivým deskám nebo zapříčiní vznik špatného zapájení trubek v místě, které hliníkový kryt pokrývá.

4 PRODUKTOVÉ NÁVRHY

V kapitole produktové návrhy jsou detailně popsány jednotlivé kroky od výroby po testování plastových krytů, které byly navrženy během brainstormingu jako alternativou hliníkového krytu používaného ve stávajícím procesu. Celý tento koncept plastového krytu vychází z brainstormingu. V následujících bodech budou popsány jednotlivé úkoly, které musely být splněny pro provedení prvních testů.

- Výběr firmy věnující se ultrazvukovému svařování
- Návrh prvního prototypu (Solidworks/CATIA)
- Výběr technologie výroby plastových krytů
- Příprava prototypových výparníků bez hliníkového krytu
- Implementace plastového krytu pomocí ultrazvuku
- Testování výparníku
- Vyhodnocení výsledků

První část obsahuje výběr firmy, zabývající se ultrazvukovým svařováním a vytvoření prvních skic plastového krytu. Následují ukázky 3D modelů první verze plastových krytů vytvořených v softwaru Solidworks/CATIA. Poté bude popsán tisk prvních prototypů, následně bude uveden průběh navařování plastového krytu na výparník. Dále budou popsány jednotlivé testy a průběh testování výparníků. Nakonec bude uveden přehled jednotlivých verzí plastových krytů a shrnutí výsledků všech verzí.

4.1 DUKANE IAS

Na základě dobrých referencí a snadné dostupnosti byla vybrána firma DUKANE IAS. Tato společnost je globální výrobce a dodavatel různorodé řady vyspělých technologických produktů. Organizační struktura společnosti je již více než 80 let soukromě vlastněná a zahrnuje tři divize, poskytující různé produkty, jimž jsou audiovizuální prezentační systémy a ultrazvukové tepelné a frikční montážní systémy. [7]

Společnost konstruuje, vyrábí a dodává vyspělá řešení pro technologii svařování plastů, které jsou využívány ve výrobních provozech ve všech hlavních průmyslových regionech světa. Dále společnost vyvíjí a aplikuje svoji vysoce výkonnou ultrazvukovou technologii i v kombinaci s dalšími průmyslovými postupy, například řezání lepkavých a abrazivních materiálů, svařování kovových komponentů, třídění proséváním a zpracování tekutin. [7]

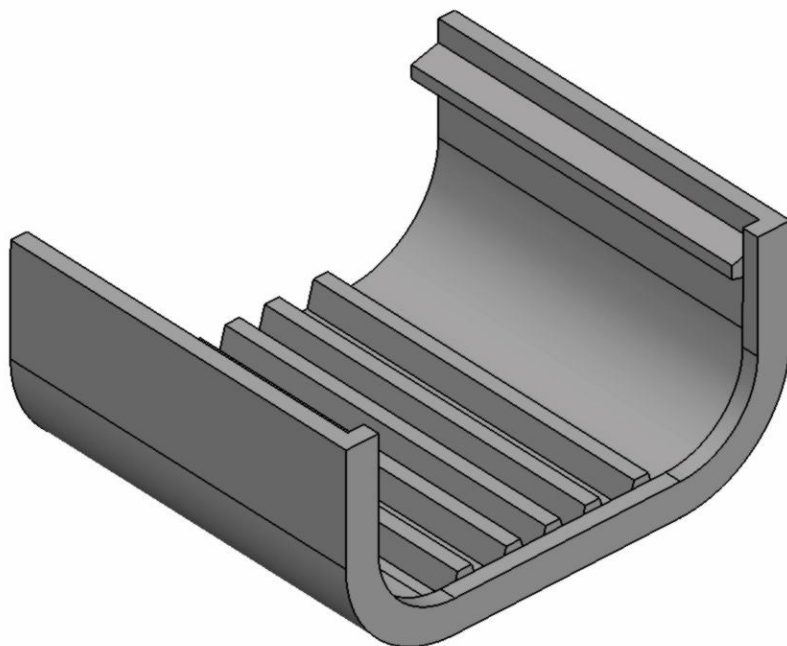
4.2 Konzultace plastového krytu

První konzultace proběhla s aplikačním inženýrem společnosti DUKANE, kde byl představen produkt společnosti Valeo a vize plastového krytu. Dále bylo ujasněno ultrazvukové svařování dvou různých materiálů. Ultrazvukové svařování lze aplikovat na svařování různých typů materiálů, kterými jsou například kov-plast, dřevo-plast, textil-plast, kdy materiály nesplynou do sebe, ale plast se pouze roztaví do předem připravených ploch uvnitř materiálu. Poté byla vytvořena skica plastového krytu, přibližný tvar a rozměry vhodné pro ultrazvukové svařování. Nakonec byl diskutován materiál plastového krytu, jako nejlepší možné typy materiálu byly zvoleny plasty ABS, ASA, PP, PC.

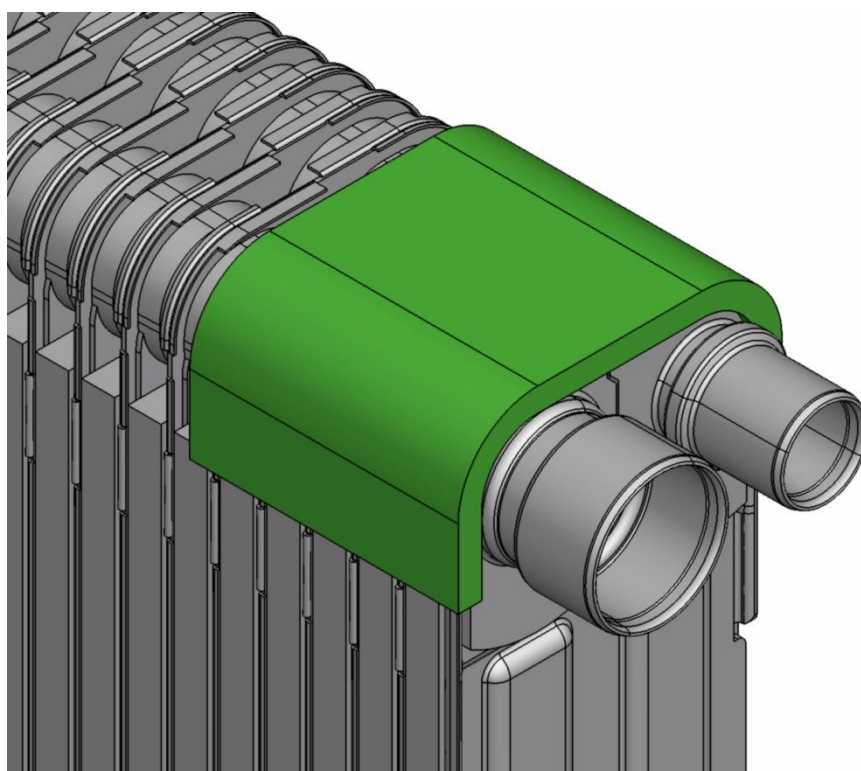
4.3 Realizace plastového krytu

Z prvních náčrtů a dat získaných při konzultaci se společností Dukane byl vytvořen 3D model první varianty plastového krytu, kde samotné rozměry korpusu byly zanechány stejné, jako jsou u stávajícího hliníkového krytu.

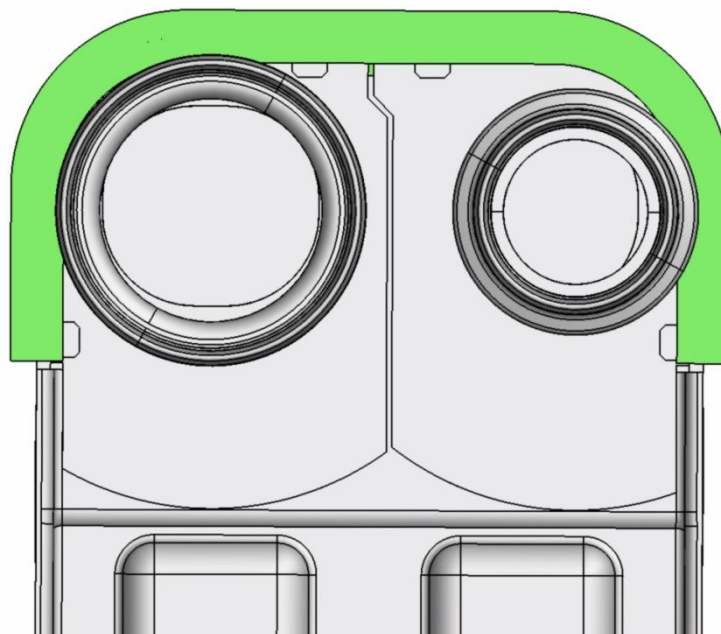
První změnou byla tloušťka krytu, která byla zvětšena na 1,5 mm, dále bylo přidáno žebrování na horní a bočních stranách krytu, výška jednotlivých žeber 2,2 mm byla odvozena od prostoru na výparníku v místě navaření krytu. Poté byl přidán lem, který zajistí přidržení koncové desky výparníku, při jeho mechanickém namáhání. Tento jednoduchý prototypový design byl zvolen tak, aby bylo možno zjistit, jak se plastový kryt bude chovat při navařování na hliníkový výparník a jak bude technologie ultrazvukové svařování fungovat. Na následujícím obrázku je zobrazen 3D model plastového krytu vytvořený pomocí softwaru Solidworks.



Obrázek č. 16 3D model plastového krytu verze 1



Obrázek č. 17 3D model plastového kryt



Obrázek č. 18 3D model plastového krytu

Celkem bylo osloveno 8 firem, zabývajících se buďto obráběním plastů nebo 3D tiskem. Všem osloveným byl zaslán 3D model, výkres dané verze plastového krytu a poptáno bylo 10 kusů. Z výsledných odpovědí jednotlivých firem a jejich cenových nabídek bylo zjištěno, že výroba prototypového krytu pomocí 3D tisku vychází přibližně 3krát levněji než je tomu u klasického obrábění plastů a to při garantování stejné kvality výrobku. Na základě nejvýhodnější cenové nabídky byla vybrána pražská firma 3Dees, zabývající se 3D tiskem.

4.4 3D tisk

3D tisk je laické označení technologie tzv. aditivní výroby, při níž vzniká výsledný produkt postupným nanášením stavebního materiálu po velmi tenkých vrstvách, které se vzájemně spojují např. tavením nebo lepením. Na rozdíl od tzv. konvenčních způsobů výroby, jako je třeba třískové obrábění, při kterém je materiál naopak odebírán, lze s pomocí 3D tisku vytvářet náročné tvary a konstrukce, jež by nebylo možné zhotovit žádným jiným způsobem. 3D tisk je pro rychlou přípravu výroby vhodný zejména pro kusovou a malosériovou výrobu. Hojně je proto využíván pro výrobu prototypů. [8]



Obrázek č. 19 Vytisknutý plastová kryt V.01

Pro výrobu plastového krytu byl zvolen ASA plast. Tento plast nyní začínají používat severoameričtí výrobci automobilů pro vnější aplikace, jako jsou mřížky větracích otvorů pod předním sklem. Aplikace ASA v automobilech zahrnují měřidla na přístrojové desce a knoflíky. Verze s vyztužením pomocí skelných vláken byla použita výrobcem automobilů Opel pro pouzdra světlometů.

4.5 Proces ultrazvukového svařování

Pro první testování byly prototypově připraveny výparníky bez hliníkového krytu, které byly osazeny prototypovými a sériovými trubkami z důvodu různých testů. Poté byl na těchto vzorcích proveden test těsnosti v héliové komoře. Proces navařování plastového krytu byl proveden v laboratořích firmy Dukane.

4.5.1 Průběh svařování

Prvním krokem bylo vybrání vhodné ultrazvukové svářečky pro tento typ testování. Poté byl výparník uchycen do svěráku a byly nastaveny parametry svařování (síla, frekvence, vzdálenost, amplituda). Z důvodu malého množství prototypů byly parametry nastaveny na základě zkušeností firmy Dukane s podobným typem procesu. Po navaření horní strany plastového krytu byl výparník uchycen do pozice pro navaření první a poté druhé boční strany.

4.5.2 Použité zařízení

Jako vhodné zařízení pro svařování plastového krytu byla vybrána řada Dukane iQ, představující technologicky nejdokonalejší ovládání ultrazvukového svařování. Plně digitálně řízený generátor a mimořádně silný přítlak spolu s uživatelským rozhraním iQ Explorer vytváří mimořádnou přesnost a snadné používání. Generátory používají novou víceprocesorovou technologii, umožňující provoz s pracovním cyklem 0,5 msec. [9]

Intuitivní grafické menu rozhraní iQ Explorer na dotykové obrazovce obsahuje i jednu stránku nastavení, usnadňující učení a programování sváření. Grafy a data pro sváření lze ukládat s využitím síťového připojení Ethernet, bezdrátové sítě nebo několika rozhraní USB. Pro diagnostiku svařování a konzistentnost procesů je k dispozici více než 25 programovatelných horních a dolních limitů procesu včetně referenčních logických grafů svařování. [9]

Digitální prvky

- Plně digitální řízení všech funkcí a parametrů zdroje energie umožňuje unikátní konfigurovatelnost včetně budoucího upgradu a řešení nových požadavků. Zařízení pracuje na bázi digitální frekvenční syntézy.
- Špičkové rychlosti přenosu dat 0,5 ms je dosaženo díky progresivní více jádrové architektuře. Vyšší přesnost a opakovatelnost svarů.
- Digitální technologie Digi-Trac automaticky sleduje rezonanční frekvenci. Upravuje frekvenci výstupního signálu, aby odpovídala rezonanci akustické soustavy (sonotrody, boosteru a měniče). Korekce se provádí pro každý svařovací cyklus, čímž zcela eliminuje potřebu ručního ladění generátoru.
- Ochrana proti přetížení ultrazvukového výstupu s indikátorem stavu, který usnadňuje řešení případných problémů. Hranice výkonového přetížení je založena na efektivní hodnotě výstupního výkonu.
- Regulace napájecího napětí kompenzuje kolísání síťového napětí a zajišťuje jeho konstantní amplitudu.
- Kompenzace teplotního posuvu umožňuje bezproblémovou činnost akustické soustavy, protože automaticky kompenzuje teplotní změny.
- Patentovaná modulace šířky impulsu zaručuje efektivnější využití výkonu a současně podstatně méně zatěžuje elektrické a akustické součásti - výsledkem je vysoký výkon, spolehlivost a prodloužená životnost zařízení.

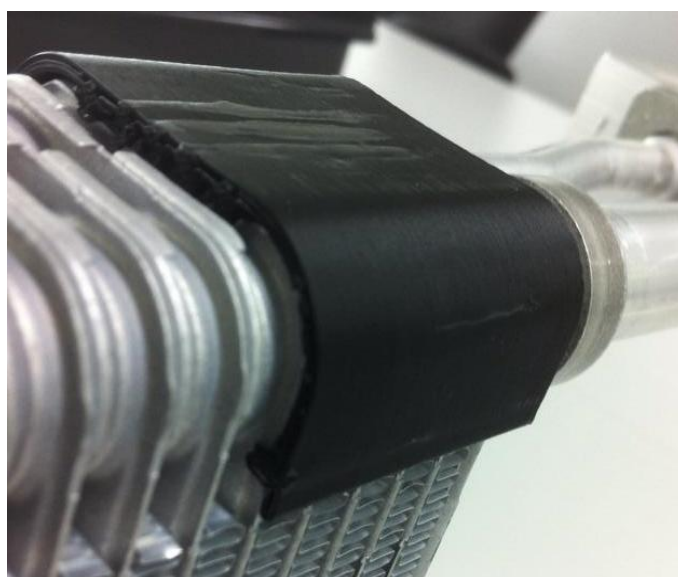
- Algoritmus lineárního plynulého rozběhu zajišťuje spouštění akustické soustavy na provozní amplitudu hladce, s minimálním počátečním nárazem a tudíž minimálním namáháním soustavy a generátoru.
- Regulace zátěže automaticky udržuje konstantní amplitudu ultrazvuku bez ohledu na odebíraný výkon. Úroveň výstupní amplitudy ultrazvuku je udržována v toleranci 1% pro zajištění konzistentního procesu svařování a zkrácení svařovacího cyklu.

4.6 První prototypy

Na následujících obrázcích lze vidět první prototyp výparníku s plastovým krytem. Navařování proběhlo úspěšně, plastový kryt pevně držel na těle výparníku. V další kapitole bude uvedeno testování těchto prototypů v laboratoři společnosti Valeo.



Obrázek č. 20 Výparník s plastovým krytem



Obrázek č. 21 Výparník s plastovým krytem II

4.7 Seznam testů

Pro první potvrzení funkčnosti plastového krytu byly vybrány dva typy testů:

- Test opakované manipulace,
- Manipulační test do destrukce.

Tyto testy spadají do kategorie manipulačních testů definovaných normou NVP50040. Norma dále specifikuje celou řadu korozních, mechanických, výkonnostních testů, které je potřeba provést pro kompletní validaci nového produktu nebo změny stávajícího produktu. Testy jsou vybírány na základě matice, která určuje, jaké typy testů musí být provedeny pro jakou změnu komponentu na produktu.

4.7.1 Test opakované manipulace

Cílem této zkoušky je ověřit odolnost těla výparníku, jelikož od jeho spájení po následnou kontrolu těsnosti dochází k řadě manipulací, kterými jsou montáž trubek, montáž expanzního ventilu, manipulace při balení a následná usazení výparníku do samotné klimatizace. [10]

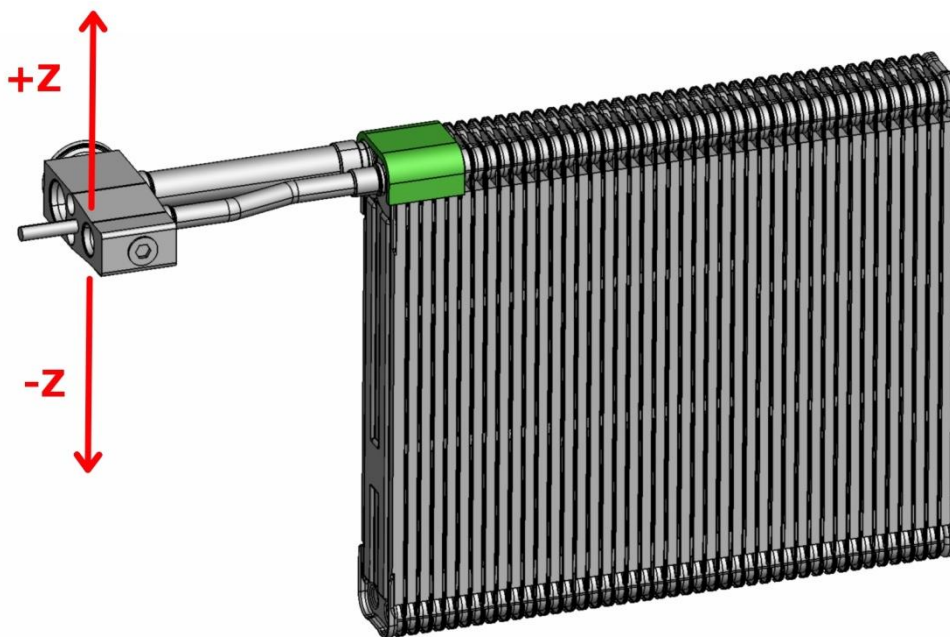
Potvrzení této odolnosti je založeno na generickém testu, kdy je výparník prototypově vybaven rovnými 100 mm dlouhými trubkami. [10]

Zkušební podmínky:

- výparník musí být nový,
- výparník musí být vybaven rovnými trubkami o délce $l = 100$ mm a expanzním ventilem,
- musí být ověřena těsnost výparníku před zahájením testu,
- tělo výparníku musí být pevně uchyceno v čelistech svěráku
- výparník je nutné natlakovat vzduchem nebo dusíkem na vnitřní tlak 6 bar před zahájením testu, z důvodu detekce úniku (ztráta těsnosti). [10]

Postup testování:

- Uchytit výparník k zařízení za expanzní ventil a působit silou $F = 150$ N ve směru +/- Z (obr. 22).
- Opakovat tento cyklus do destrukce výparníku (ztráta těsnosti).



Obrázek č. 22 Směr působení síly během testování

Kritéria přijatelnosti

Výparník musí vydržet nejméně **30 cyklů** bez úniku. [10]

4.7.2 Manipulační test do destrukce

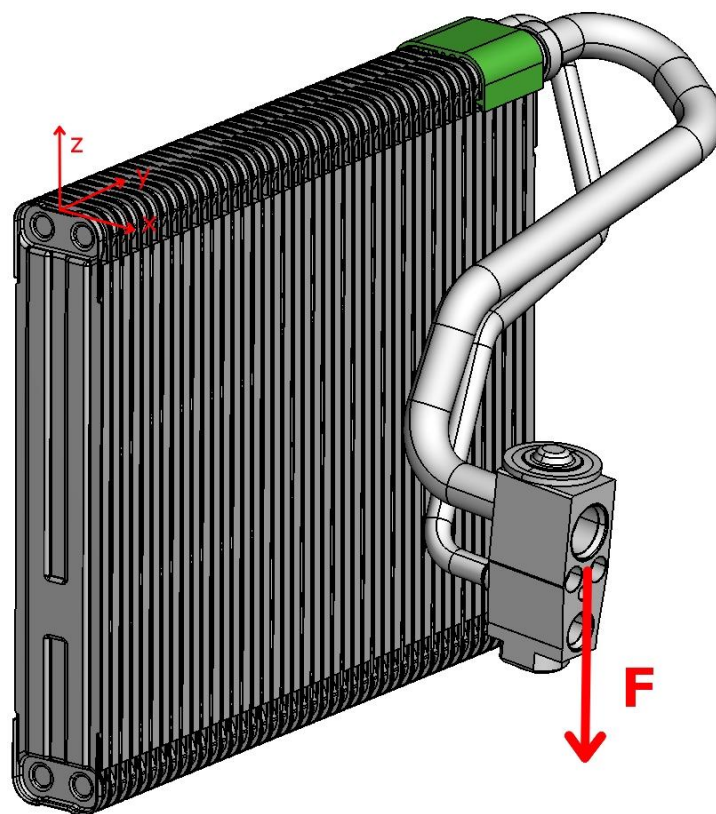
- Výparník musí být nový.
- Výparník musí být vybaven sériovými trubkami a expanzním ventilem.
- Tělo výparníku musí být pevně uchyceno v čelistích svěraku.
- Výparník je nutné natlakovat vzduchem nebo dusíkem na vnitřní tlak 6 bar před zahájením testu, z důvodu detekce úniku (ztráta těsnosti). [10]

Postup testování:

- Aplikace vertikální síly ve směru $-Z$ na trubky výparníku a zvyšovat ji, dokud nebude dosaženo úniku tlaku z výparníku nebo maximálního posunu testovacího ramene. Následuje změna směru aplikace síly $+Z$ a poté se tento cyklus opakuje znovu se stejnými podmínkami, jako tomu bylo u $-Z$.
- Opakovat tento postup pro $-X,+X$ a $-Y,+Y$. [10]

Kritéria přijatelnosti

Výstupem je porovnání se stávajícím sériovým řešením s cílem dosáhnout jeho minimální odolnosti v tomto testu. V tomto případě zmíněný hliníkový kryt. [10]



Obrázek č. 23 Směr působení síly během testování

4.8 Průběh testování verze 01

V následující kapitole bude uveden popis použitého testovacího zařízení, poté bude popsán průběh a výsledky testování první verze plastového krytu.

Použité zařízení

Tiratest 2kN je stolní zkušební stroj pro zkoušky pevnosti materiálu v tahu, tlaku a ohybu. Řízení stroje zajišťuje měřicí a řídicí elektronika DOLI-EDC220. Pohon zkušebního příčnicku DC motorem. Snímání dráhy příčnicku inkrementálním snímačem otáček. Měřicí a řídicí elektronika EDC220 umožňuje úplné řízení zkušebního stroje z PC pomocí softwaru labNET v4. Lze provádět základní zkoušku v tahu, tlaku, ohybu a cyklické zatěžování vzorku. Pro zatěžování vzorku lze využít polohovou regulaci nárůstu dráhy příčnicku (mm/min), či silovou regulaci nárůstu deformace vzorku (N/s).

Manipulace do destrukce

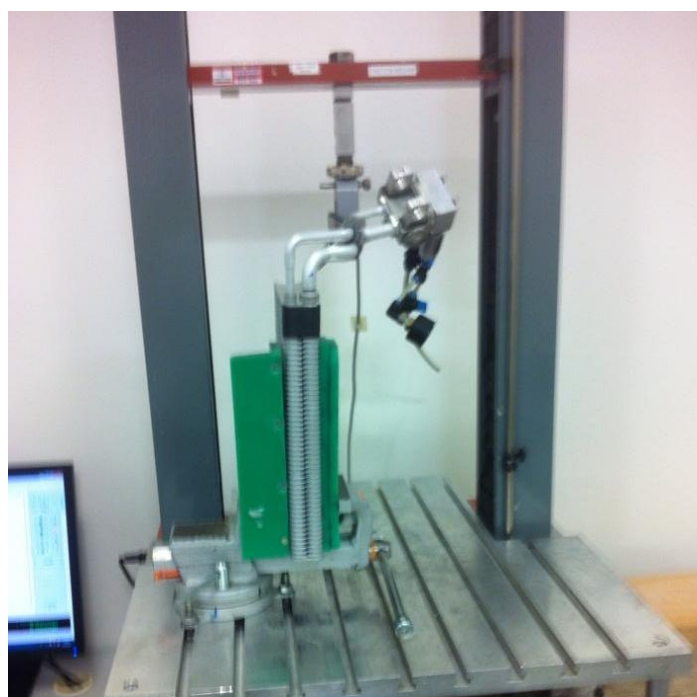
Pro test manipulace do destrukce byly připraveny 4 prototypové výparníky se sériovými trubkami.

Na základě výsledků z předešlého testování stejné verze výparníku s hliníkovým krytem, byly pro testování těchto vzorků vybrány dva kritické směry působení síly,

kterými jsou směry -X a +Z. Rychlost ohybu trubek v jednotlivých směrech byla nastavena na 10 mm/min.



Obrázek č. 24 Testování I



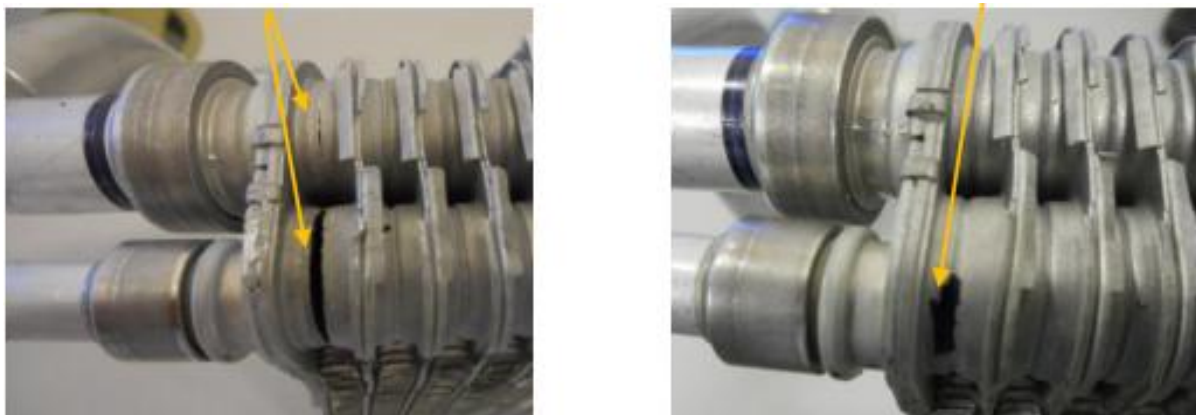
Obrázek č. 25 Výparník uchycený na testovacím stroji Tiratest

Výsledky:**Tabulka 1 Výsledky manipulačního testu do destrukce**

Vzorek	Směr	Síla (N)	Deformace (mm)	Únik	Místo úniku
Výsledky plastového krytu					
1	-X	153	42	ANO	1 trubka
2	-X	154	34	ANO	1 trubka
3	+Z	319	25	NE	deformace
4	+Z	364	41	NE	deformace
Výsledky hliníkového krytu					
1	-X	141	142	ANO	Výstupní strana
2	+Z	199	93	ANO	Výstupní strana

Z výsledků tohoto testu bylo zjištěno, že plastový kryt má dostatečnou pevnost, hodnoty odpovídají výsledkům výparníku s hliníkovým krytem. Rychlost tahu byla nastavena na 10 mm/min.

Na základě dobrých výsledků tento test již nebyl aplikován na další verze plastových krytů.



Obrázek č. 26 lokalizace úniků

Úniky byly lokalizovány v pájeném spoji mezi koncovou deskou a první trubicou na vstupní straně výparníku. Tyto úniky vznikly při aplikaci síly ve směru -X.

Test opakované manipulace

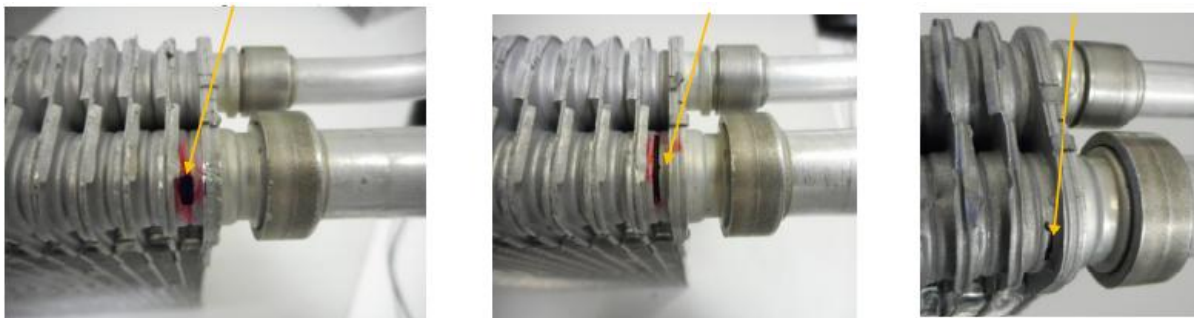
Pro testování opakované manipulace byly na výparníky namontovány rovné trubky o délce 100 mm a expanzní ventily. Dále výparníky prošly kontrolou těsnosti v héliové

komoře a byly připraveny k navaření plastového krytu. Po úspěšném navaření musely vzorky znovu projít kontrolou těsnosti.

Tabulka 2 Výsledky testu opakované manipulace verze 1

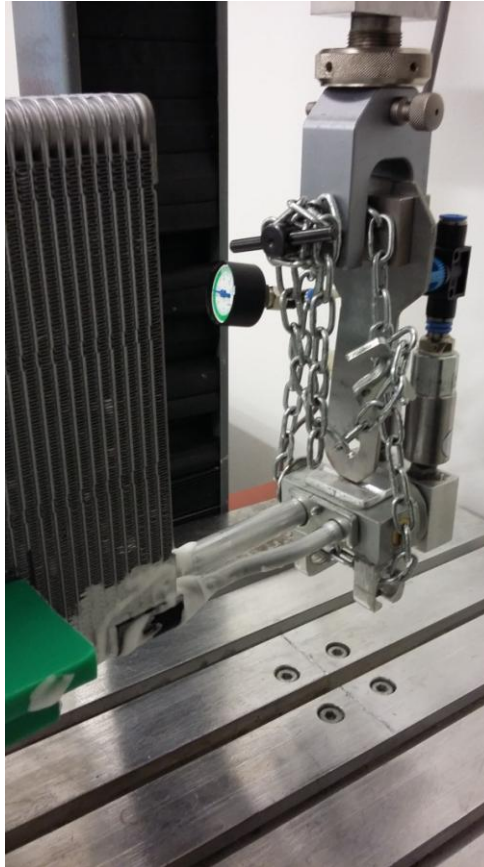
Vzorek	Směr	Počet cyklů	Únik	Místo úniku
1	± Z	11	ANO	1 trubka
2	± Z	10	ANO	1 trubka
3	± Z	4	ANO	1 trubka
4	± Z	8,5	ANO	1 trubka

Výsledky testu opakované manipulace nesplnily požadovaný minimální počet 30 cyklů udávaných normou NVP50040, nejvyššího počtu 11 cyklů bylo dosaženo u vzorku č. 1. Příčinou selhání během testu bylo vyklouznutí koncové desky z lemu plastového krytu a její odtržení od první trubky výparníkového bloku. Z toho důvodu byly rozměry lemu u dalších navrhovaných verzí zvětšeny.



Obrázek č. 27 Lokalizace úniků

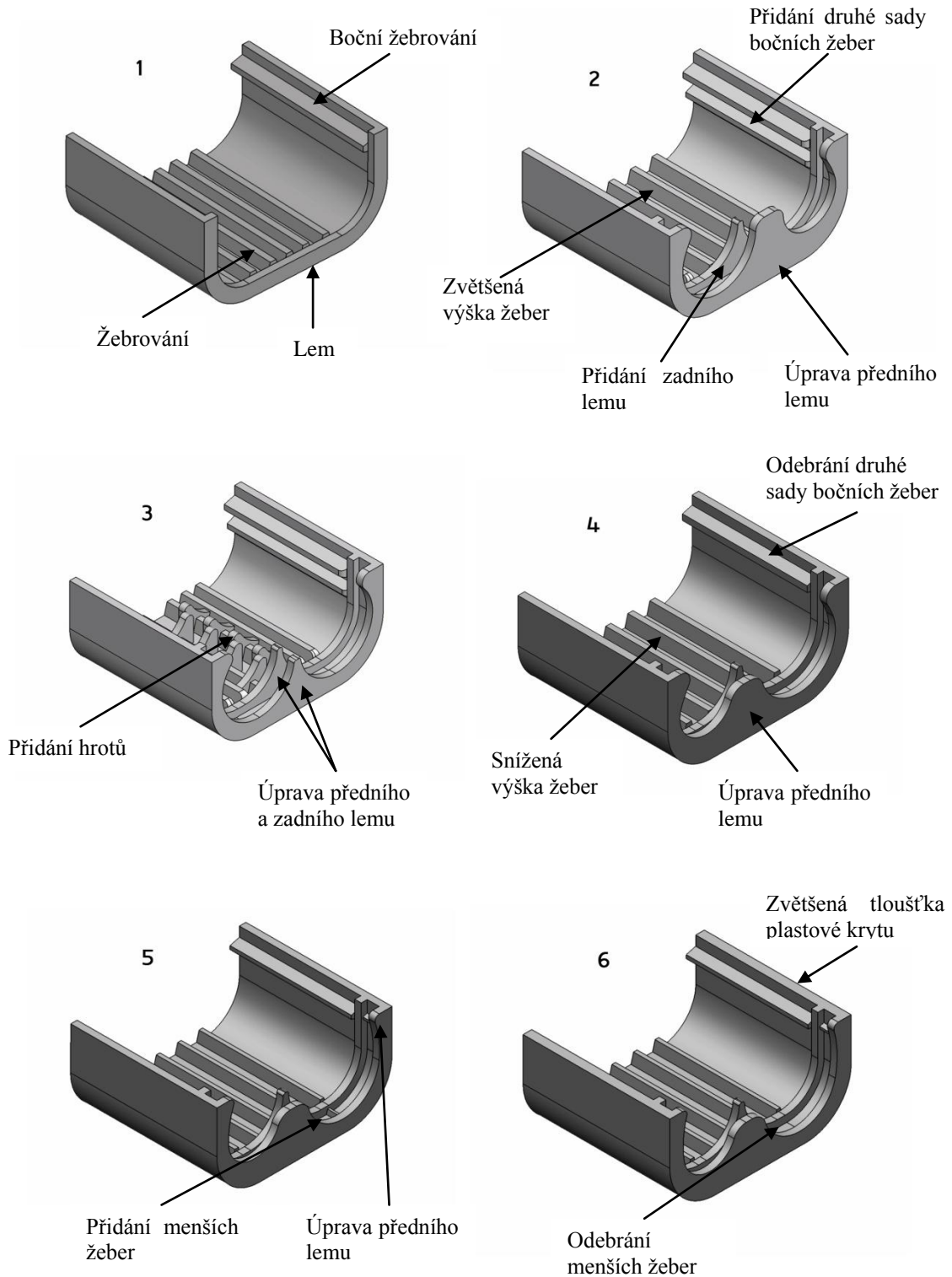
Na následujícím obrázku je zobrazen způsob uchycení výparníku na zkušebním stroji Tiratest. Výparník je pevně fixován mezi čelisti svěraku, následně je nasazen speciální ventil upravený pro test opakované manipulace. Hrot nasazený na zařízení slouží k působení síly ve směru -Z. Pro působení síly ve směru +Z slouží řetěz uchycený za ventil.



Obrázek č. 28 Uchycení výparníku během testu opakované manipulace

4.9 Přehled a výsledky dalších verzí plastového krytu

Pro testování plastového krytu bylo vytvořeno celkem 6 verzí. V první části této kapitoly budou na obrázku č. 29 přehledně zobrazeny postupné změny u jednotlivých verzí plastového krytu (verze 2 a 3 byly navrženy a testovány současně). Podrobněji budou tyto verze popsány v následujících kapitolách, včetně výsledků a závěrů z testování. U verze 6 došlo současně k úpravám na výparníkovém bloku, tyto úpravy budou popsány a zobrazeny v kapitole 4.9.4.



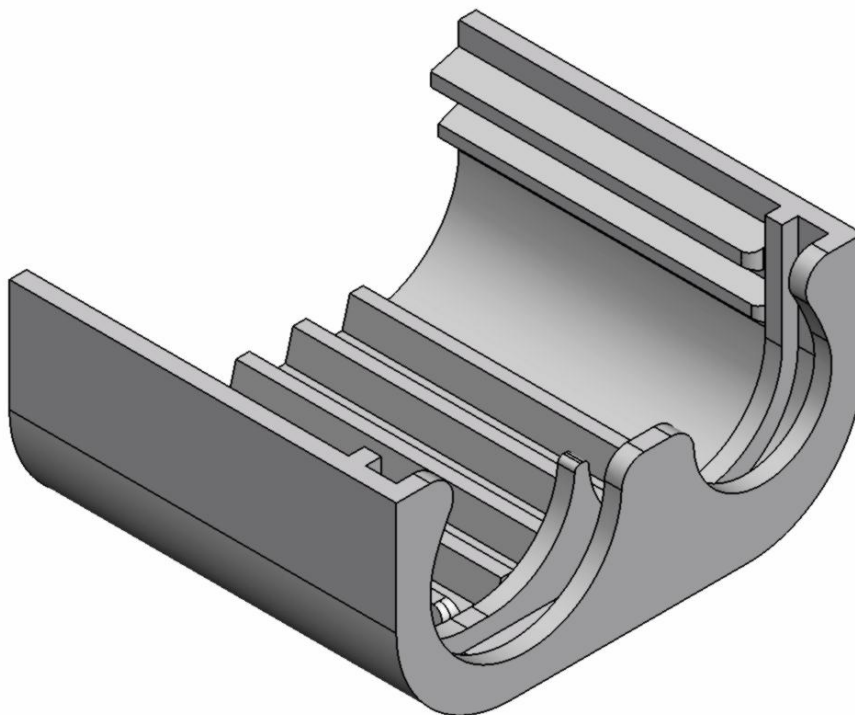
Obrázek č. 29 Přehled změn na jednotlivých verzích plastového krytu

4.9.1 Verze 2 a 3

Tato kapitola obsahuje popis procesu výroby a testování dalších dvou současně vyrobených verzí plastového krytu.

Verze 2

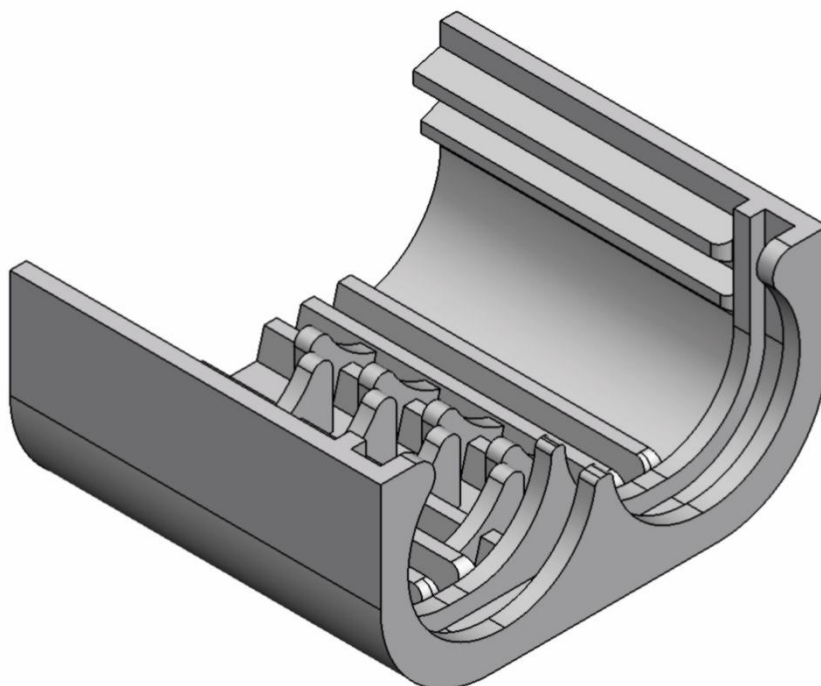
Na základě výsledků testování první verze byla vytvořena varianta 2. První byl upraven vnější lem, pro lepší uchycení koncové desky výparníku, tento lem je nesymetrický a vytvořený přímo na danou verzi výparníku, který má vstup na levé straně a výstup na pravé. Dále byl přidán druhý lem, který uchytí koncovou desku z druhé strany. Poté byla přidána další menší žebra na boční strany plastového krytu. Nakonec byla změněna výška samotných žebíř z 2,2 na 2,5 mm.



Obrázek č. 30 Plastový kryt verze 2

Verze 3

Současně byla vytvořena třetí verze plastového krytu, která již je symetrická a lze použít na oba typy výparníku (LHD a RHD). Dále byl zvětšen počet žebíř na horní straně krytu. Poté byly navrženy hroty, které přidrží kryt při mechanickém namáhání. Nakonec byla stejně jako u verze 2 zvětšena výška jednotlivých žebíř z 2,2 mm na 2,5 mm.



Obrázek č. 31 plastový kryt verze 3

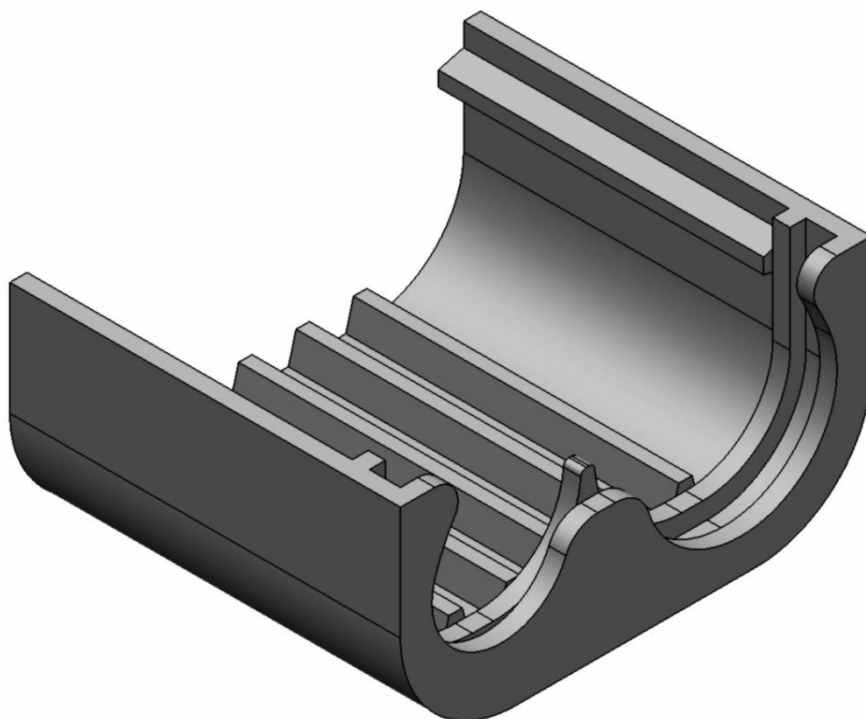
U těchto verzí (2,3), které byly navrženy a vytisknuty současně, se projevila chyba u zvednutí výšky jednotlivých žeber. Při svařování prvních kusů plastové kryty nedosedly až na povrch výparníku i při opakovaném sváření. Po navaření bylo zjištěno, že plastové kryty nedrží dostatečně pevně na výparníku, jako tomu bylo u první verze.

Výsledky testování

Z důvodu špatných výsledků během procesu implementace plastových krytů, nebyly manipulační testy provedeny.

4.9.2 Verze 4

Verze 4 vznikla spojením výhod jednotlivých verzí. Prvním krokem bylo snížení výšky žebér zpět na 2,2 mm, jako tomu bylo u verze 1. Z důvodu špatného navaření bočních stran plastového krytu u předešlých dvou verzí, nebyla již druhá sada bočních žebér použita. Následovala ještě změna tvaru předního lemu, kdy byly hrany lemu oddáleny od přívodů výparníku.



Obrázek č. 32 Plastový kryt verze 4

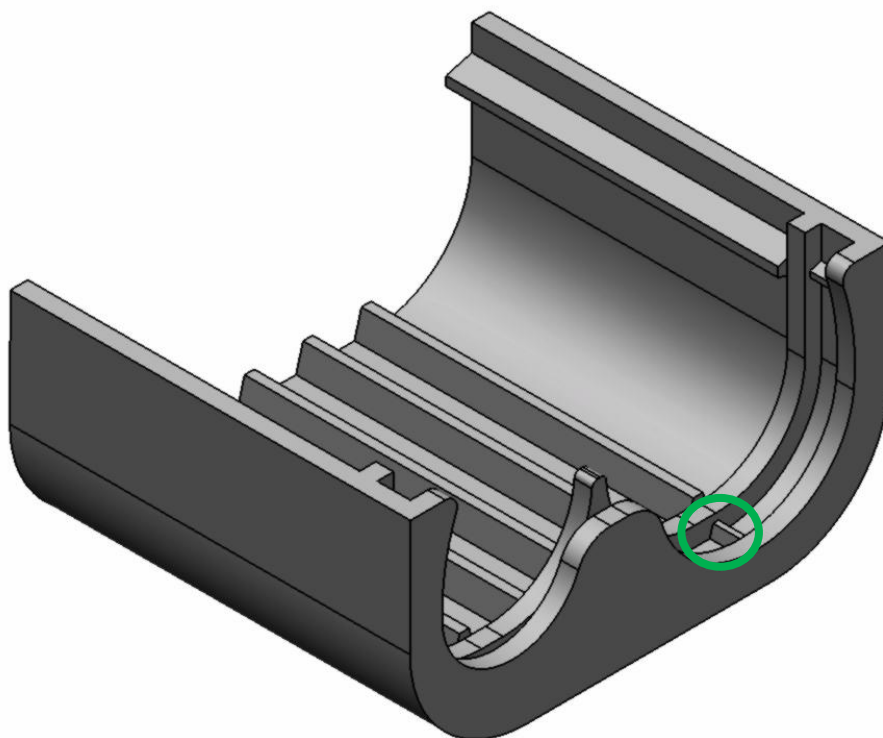
Výsledky:

Tabulka 3 Výsledky testu opakované manipulace verze 4

Vzorek	Směr	Počet cyklů	Únik	Místo úniku
1	± Z	5	ANO	1 trubka
2	± Z	5	ANO	1 trubka
3	± Z	6	ANO	1 trubka
4	± Z	7	ANO	1 trubka

4.9.3 Verze 5

U verze 5 bylo přidáno další menší žebrování (zeleně vyznačené na obrázku č. 33) o rozměrech 1 mm mezi lemy plastového krytu, tyto žebra by měla sloužit k lepšímu dosednutí plastového krytu po celé ploše koncové desky výparníku. Na základě výsledků z testování předchozí verze, kdy při použití dvou sad bočnick žeber (verze 3) docházelo u několika vzorků k problému s roztažením plastového krytu při jeho nasazování na výparník a také problému se samotným navařením boků. Z toho důvodu byla použita pouze jedna sada žebrování, stejně jako tomu bylo u verze 4.



Obrázek č. 33 Model plastového krytu verze 5

Výsledky:

Tabulka 4 Výsledky testu opakované manipulace verze 5

Vzorek	Směr	Počet cyklů	Únik	Místo úniku
1	± Z	7	ANO	1 trubka
2	± Z	8	ANO	1 trubka
3	± Z	5	ANO	1 trubka

Výsledky testování znovu nesplňují požadavky dané normou NVP50040 i přesto, že plastový kryt nepraskl ani na jednom ze tří vzorků. Závěrem je, že plastový kryt je moc

pružný na to, aby udržel koncovou desku uchycenou na výparníku, proto u další verze byla zvětšena především tloušťka samotného materiálu plastového krytu.

4.9.4 Verze 06

Pro testování této verze proběhly změny na plastovém krytu i na samotném výparníkovém bloku. Byly vytvořeny dvě verze upravených koncových desek pro jejich pevnější uchycení k plastovému krytu.

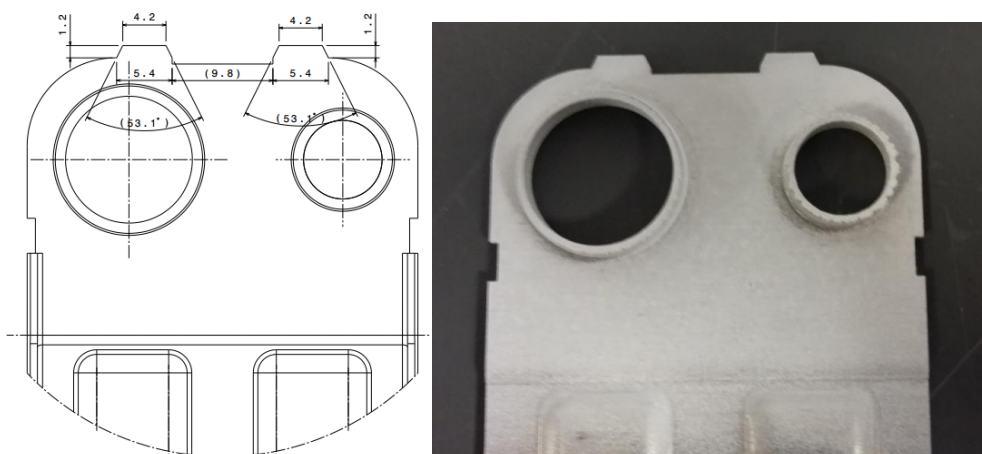
Úprava koncových desek a plastového krytu

Z předchozího testování bylo zjištěno, že plastový kryt je na výparníkovém bloku pevně uchycen. Projevovala se však pružnost plastového krytu, při testování docházelo k prasknutí výparníkového bloku v místě mezi koncovou deskou a první trubkou výparníku na výstupní straně a to i přesto, že kryt zůstal pevně uchycen a neporušen. Z toho důvodu byly pro testování další verze provedeny změny na plastovém krytu i na koncové desce výparníku.

Připraveny byly dvě varianty upravených koncových desek, nejprve byly vytvořeny výkresy v softwaru CATIA. Následně byly vzaty z výroby polotovary koncových desek z předposledního kroku lisování, kdy koncová deska má na sobě stále ještě přebytečný materiál, ze kterého je možnost navrhované úpravy vytvořit. Na základě výkresu byly desky obrobena na drátořezu u externí firmy.

Koncová deska č. 1

První variantou bylo přidání dvou podlouhlých zubů na vrchní stranu desky, sloužící k lepšímu uchycení plastového krytu a přidržení koncové desky u těla výparníku. Výkres s jednotlivými rozměry přidaných zubů a výsledná obrobena deska jsou zobrazeny níže v obrázku č. 34.

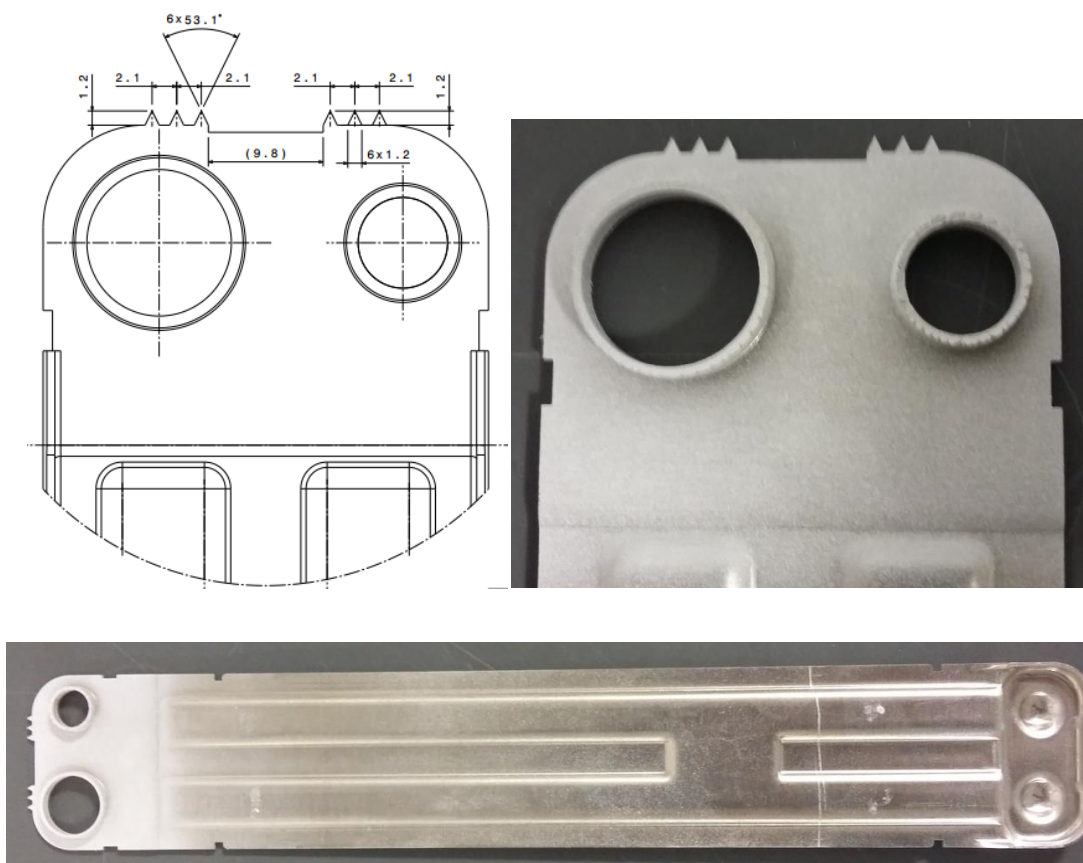




Obrázek č. 34 Technický výkres a finální vzhled koncové desky I.

Koncová deska č. 2

V druhé verzi koncové desky byly podlouhlé zuby nahrazeny šesti menšími hroty, sloužícími ke stejnému účelu jako předchozí verze. Důvodem byla možnost selhání první verze díky navržené velikosti zubů, u které bylo počítáno s rizikem, že by mohlo dojít k porušení plastového krytu nebo k neúplnému proniknutí hrotů do krytu. Jednotlivé rozměry a finální výrobek jsou znovu zobrazeny na obrázku č. 35 pod textem.



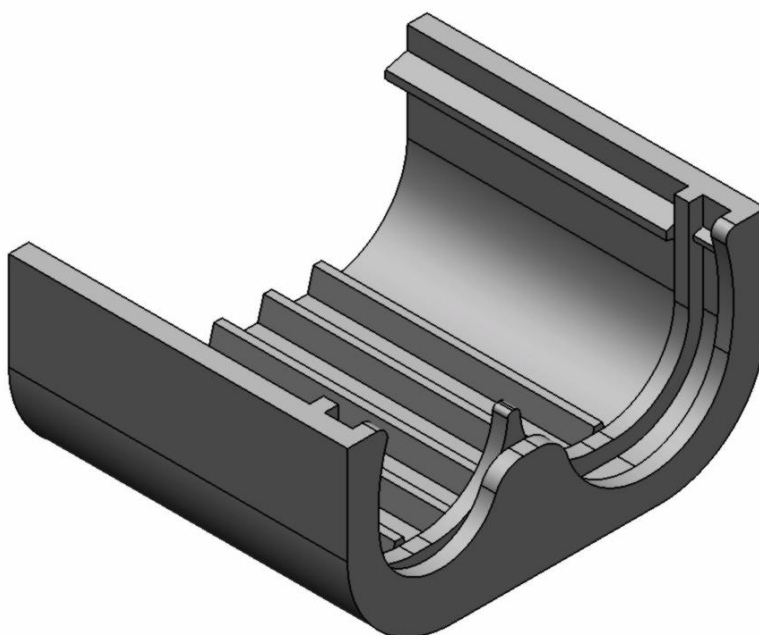
Obrázek č. 35 Výkres a finální vzhled koncové desky II

Po obdržení obroběných koncových desek byly prototypově vyrobeny 2 výparníkové bloky od každé varianty, které byly následně osazeny testovacími trubkami, ventilem a nakonec podrobeny zkoušce těsnosti v héliové komoře a připraveny k navaření plastového krytu.

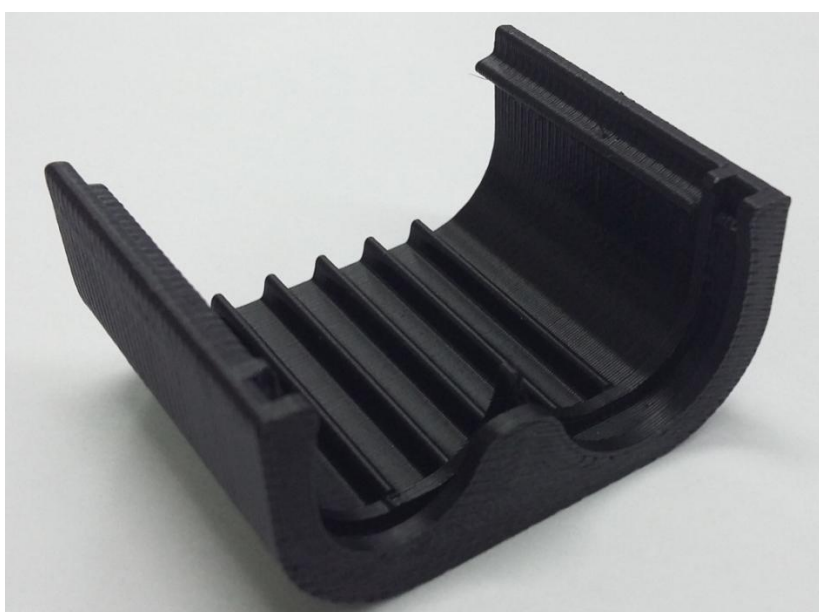
Úprava plastového krytu

V první řadě byla zvýšena tloušťka plastového krytu z 1,5mm na 2mm a to z důvodu vytvořených koncových desek s hroty o výšce 1,2 mm. Při zanechání stávající výšky plastového krytu by mohlo dojít při procesu navařování ke kolizi hrotů se sonotorodou. Dalším důvodem změny výšky byla potřeba mít plastový kryt méně pružný. Na základě výsledků z testování předchozí verze bylo odstraněno žebrování mezi lemy.

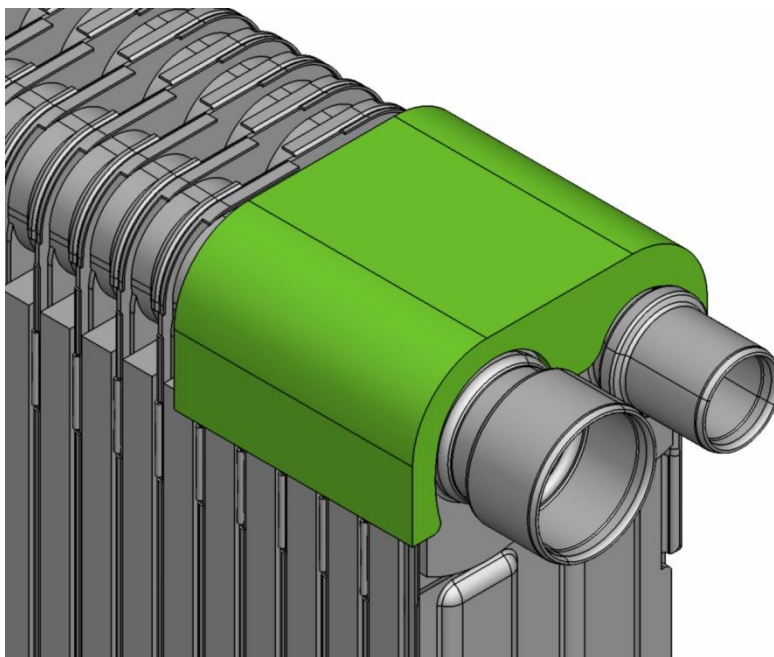
Pro testování verze 06 bylo připraveno celkem 6 výparníků, 2 kusy z každé verze koncové desky a dva sériové výparníky bez hliníkového krytu.



Obrázek č. 36 Plastový kryt verze 6



Obrázek č. 37 Vytištění plastový kryt verze 6



Obrázek č. 38 3D model sestavy výparníkového bloku s plastovým krytem verze 6



Obrázek č. 39 3D model sestavy výparníkového bloku s plastovým krytem verze 6

Průběh navařování

Pro testování šesté verze plastového kryt byly připraveny 3 varianty po 2 vzorcích. Přehled jednotlivých vzorků bude uveden v následující tabulce č. 5.

Tabulka 5 Přípravené vzorky pro testování verze 6

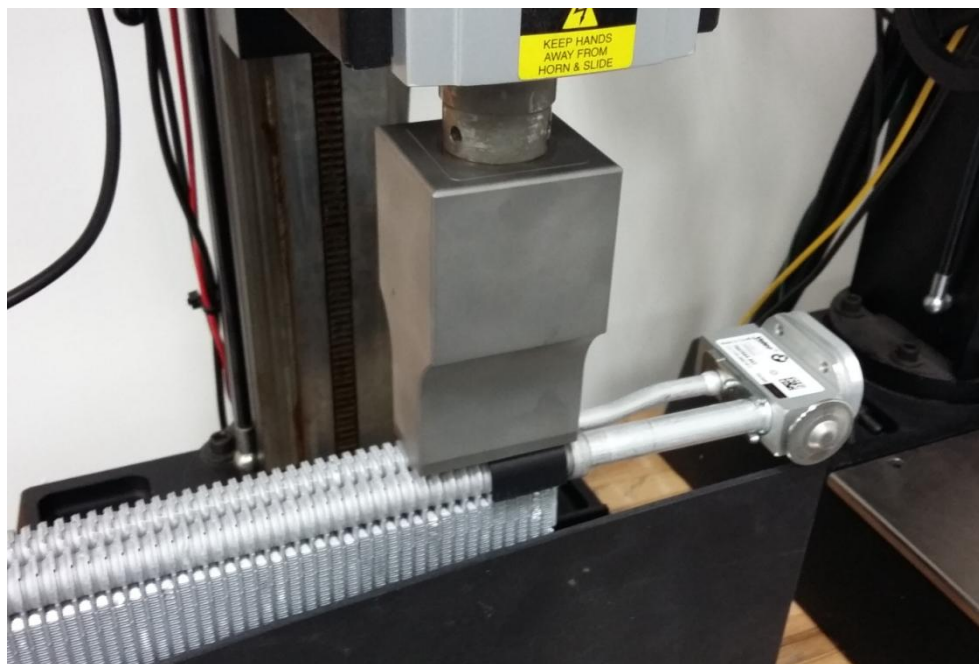
Č.	Vzorek
1	Použití upravené koncové desky I.
2	
3	Použití upravené koncové desky II.
4	
5	Sériově vyrobený výparník bez hliníkového krytu
6	

Prvním zjištěním bylo, že u navařování různých variant výparníků nebyl pozorován žádný rozdíl. U některých vzorků byl však znovu problém s navařováním bočních stěn plastového krytu. Jelikož během tohoto procesu není výparník pevně uchycen, dochází k opětovnému viditelnému vytlačení navařené horní stěny plastového krytu. Z toho důvodu nebyly některé ze vzorků stoprocentně přilehlé k tělu výparníku. Odstranit tento problém však lze vytvořením speciálního nástroje, ve kterém by vzorek mohl být pevně fixován v jedné ze tří potřebných pozic.

Ve finálním řešení svařovacího zařízení se však počítá se třemi sonotrodami. V tom případě bude proces navařování následující:

1. Navaření vrchní stěny plastového krytu první sonotrodou.
2. Přidržení horní stěny první sonotrodou.
3. Současné navaření bočních stran plastového krytu menšími sonotrodami.

Na následujícím obrázku je vidět navařování horní stěny plastového krytu. Pouze v této pozici šel vzorek dobře zafixovat.



Obrázek č. 40 Průběh ultrazvukového navařování plastového krytu

Výsledky testování

Pro testování bylo vybráno pouze 5 vzorků, jeden ze vzorků byl vyřazen kvůli velkému poškození, ke kterému došlo během navařování. Z výsledků uvedených v následující tabulce je vidět, že různé typy připravených verzí dosáhly velmi podobných výsledků. Během testování opět nedošlo ani u jednoho ze vzorků k prasknutí plastového krytu i po odtržení koncové desky od první trubky výparníku. Po otestování bylo vidět, že plastové kryty drží stále pevně a na svém místě na těle výparníku.

Tabulka 6 Výsledky testu opakované manipulace verze 6

Vzorek	Směr	Počet cyklů	Únik	Místo úniku
1	± Z	5	ANO	1 trubka
2		-		
3		5		
4		7		
5		10		
6		5		

Závěr testování verze 6

Závěrem tohoto testování je, že úpravy provedené na výparníku nepřinesly žádné zlepšení, to samé platí pro změnu designu plastového krytu. Z výsledků testování však plyne, že nedostatečná pevnost plastového krytu je způsobena špatným průběhem navařování plastového krytu, kdy při navařování bočních stran byla opět horní navařená

strana vytlačena od těla výparníku. Z toho důvodu bude pro testování další verze nutné navrhnout speciální přípravek, který by během navařování bočních stran přidržel horní stěnu na svém místě. Další nevýhodou je pružnost materiálu a technologie výroby plastového krytu.

4.10 Závěr testování plastových krytů

Z výsledků testování všech vytvořených verzí plastového krytu plyne, že pro dosažení správného navaření plastového krytu na prototypové svářečce v laboratořích firmy Dukane bude potřeba navrhnout a zhotovit speciální přípravek, který bude sloužit k přidržení horní navařené strany plastového krytu při navařování jeho bočních stran. Tím docílíme přilehnutí koncové desky v místě mezi prvním a druhým lemem. Design a technologie výroby další verze plastového krytu zůstanou stejné jako u verze 6. V případě dosažení dobrých výsledků s připraveným přípravkem u verze 7 bude dalším krokem zhotovení prototypové formy na vstřikování plastů (životnost cca. 300 kusů). Díky tomuto množství vzorků bude možné začít ladit jednotlivé parametry samotného procesu ultrazvukového navařování, kterými jsou přitlačná síla, amplituda, frekvence a jeho rychlost. Materiál pro plastový kryt byl vybrán PA66 GF15 (polyamid s 15% skelných vláken) pro získání větší pevnosti. V případě negativních výsledků budeme aplikovat FEM simulaci pro materiál polyamid s různým % skelných vláken. Možnost experimentálního testování je v tomto případě nákladnější v porovnání s cenou za simulace, neboť cena prototypové formy se pohybuje kolem 80 000 Kč.

V následující tabulce jsou zobrazeny výsledky testů opakované manipulace a manipulace do destrukce u všech verzí plastového krytu.

Tabulka 7 Výsledky testování všech verzí plastového krytu

Typ Testu	Vzorek	Verze 1	Verze 2	Verze 3	Verze 4	Verze 5	Verze 6
Test opakované manipulace (počet cyklů)	1	11	Z důvodu zvednutí výšky žeber byl u těchto verzí problém s navařováním plastového krytu.		5	7	5
	2	10		5	8	ŠK	
	3	4		6	5	5	
	4	8,5		7	ŠK	7	
	5	-		-	-	10	
	6	-		-	-	5	
Manipulační test do destrukce (Newton)	7	153	Z důvodu dobrých výsledků při provádění manipulačního testu do destrukce již nebyl tento test na dalších verzích proveden				
	8	154					
	9	319					
	10	364					

5 PROCESNÍ IMPLEMENTACE

Tato kapitola obsahuje podrobný popis výchozího stavu procesu výroby výparníků, dále jednotlivé návrhy na implementaci nového zařízení do stávajícího procesu a samotný postup. Tedy to, co musí být splněno, aby nové zařízení mohlo být do sériové výroby implementováno.

5.1 Schéma výrobní linky

Výrobní proces je rozdělen na dvě hlavní části, první je část nesoucí název brazing (pájení), výchozím produktem z této části je výparníkový blok. Následuje druhá část, zvaná finishing, kde se z výparníkových bloků stávají výparníky. Pro jednodušší popis výrobní linky výparníků byly vytvořeny modely MTPH (Model tvorby přidané hodnoty) v softwaru ARIS.

5.1.1 Brazing (pájení)

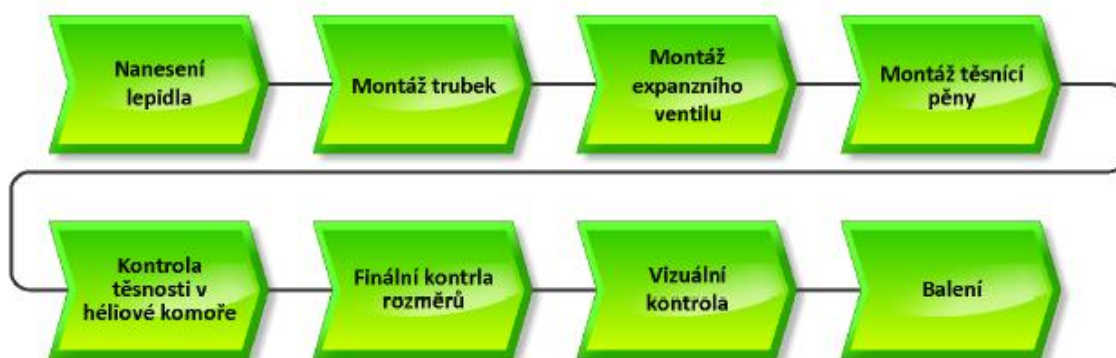


Obrázek č. 41 Schéma jednotlivých kroků výroby výparníkového bloku

První ze dvou částí výrobního procesu je část pájecí tzv. brazing. V první fázi probíhá výroba jednotlivých komponentů výparníkového bloku, jako je lisování standardních desek, formování finů a inner finů, nakonec probíhá nasazování kolektorů na koncové desky. V druhé fázi se samotné komponenty spojují a vytváří tak jednotlivé trubky výparníku (spojení dvou standardních desek a inner finu). Na dalším stanovišti jsou vkládány standardní desky, koncové desky s kolektory a finy do speciálního přípravku a tvoří tak požadovaný výparníkový blok. Poté je na výparníkový blok nasazen hliníkový kryt a přichycen a zafixován k přípravku. Dále jednotlivé bloky putují do pece, kde se pájí po dobu 45 minut. Poslední částí tohoto procesu je demontáž pájecího přípravku.

Následuje kontrola vnějších úniků, při které je výparníkový blok vložen do komory a natlakován vzduchem na určitou hodnotu tlaku a detekuje se případný únik. Poté se provádí kontrola vnitřních úniků, kdy je sledován pokles tlaku vzduchu uvnitř výparníkového bloku. Následně bloky putují po dopravníku na povrchovou úpravu, která slouží k zamezení vzniku bakterií a pachu. Poslední kontrolou je vložení bloku do kontrolní kazety, kde se zjišťuje, zda délka bloku nepřesahuje maximální toleranci, aby nenastal problém při montáži výparníku do klimatizační jednotky. Poté se proces dělí na dvě fáze, záleží, zda kompletace výparníkového bloku probíhá ve fabrice nebo ne. V prvním případě bloky putují do skladu a poté na finishing, v případě druhém se výparníkové bloky korkují a vkládají do balení, v kterých putují k zákazníkům.

5.1.2 Finishing



Obrázek č. 42 Schéma jednotlivých kroků výroby výparníků

V druhé části výrobního procesu, tzv. finishing dochází k finální kompletaci výparníkového bloku. Jak lze vidět na procesní mapě, prvním krokem je nanesení lepidla do vstupního a výstupního kolektoru, poté jsou do kolektorů zasazeny trubky a mechanicky spojeny pomocí kovového prstence. Následuje připojení expanzního ventilu na trubky výparníku a aplikace těsnící pěny kolem výparníkového bloku (pouze u některých projektů). V tomto kroku je už výparník kompletní a proces pokračuje kontrolou výrobku.

V prvním kroku probíhá kontrola těsnosti v héliové komoře, poté je výparník vložen do zařízení, které kontroluje všechny rozměry výparníku (tvar trubek, pozice ventilu, těsnící pěny a štítků). Nakonec je výparník překontrolován operátorem, který jej poté vloží do plastových beden, v kterých výparník putuje k zákazníkovi.

5.2 Implementace ultrazvukového svařování do sériového procesu

V první části této kapitoly bude popsána stávající pozice stanoviště pro implementaci hliníkového krytu ve výrobě. Následuje popis montáže hliníkového krytu na výparníkový blok.

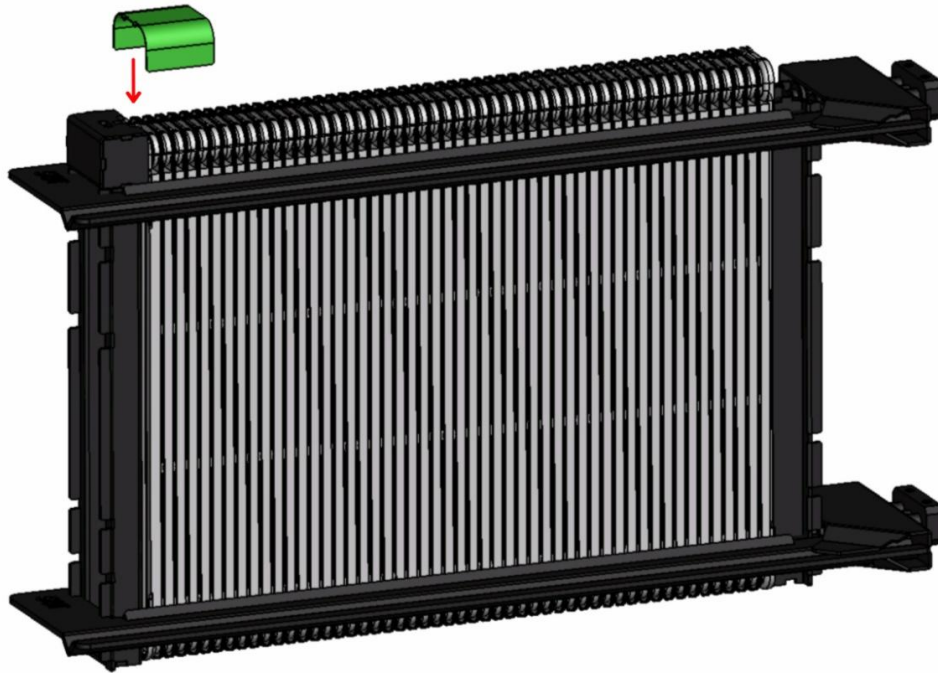
V následující kapitole jsou uvedeny jednotlivé návrhy, jak a kam ultrazvukové navařování plastového krytu na výparníkový blok implementovat do sériové výroby. Celkem byly vytvořeny 2 návrhy pro implementaci ultrazvukové svářečky do „brazingové“ části výrobního procesu výparníkových bloků a 1 návrh pro implementaci do „finishingové“ části kompletace výparníku.

5.2.1 Výchozí stav



Obrázek č. 43 Stávající stav nasazování hliníkového krytu

Na následujících obrázcích bude zobrazen postup nasazování hliníkového krytu na výparníkový blok před pájením v peci. Tento proces probíhá na stanovišti nazývaném core assembly, kde se z jednotlivých komponentů skládá finální výparníkovaný blok. Poté bloky putují pecí.



Obrázek č. 44 Nasazování hliníkového krytu

Na obrázku č. 44 je zobrazen již složený výparníkový blok z jednotlivých desek. Proces skládání desek probíhá automaticky pomocí robotického ramene. Následuje nasazení přípravků, tzv. Céček, které pomocí pružin slouží k udržení desek pod tlakem u sebe během pájení v peci. Poté se na speciálním stanovišti ručně nasazuje hliníkový kryt.

Hliníkový kryt je nasazen a uchycen pomocí třetího teleskopického céčka (univerzální pro různé typy výparníků), sloužící k přitlačení krytu během procesu pájení. Tento krok je zobrazen na následujícím obrázku č. 45 a 46.



Obrázek č. 45 Nasazení třetího céčka



Obrázek č. 46 Uchycení hliníkového krytu

5.2.2 Návrh č. 1



Obrázek č. 47 Návrh implementace ultrazvukového svařování I.

Návrhem číslo jedna je implementovat stanoviště ultrazvukového navařování plastového krytu hned na výstupu výparnickových bloků z pece (bloky delší dobu putují na dopravníkovém pásu, z toho důvodu není jejich teplota vysoká). Jak je vidět z obrázku č. 47, další kroky procesu jsou stejné jako v současném stavu, tzn. vnější a vnitřní kontrola, povrchová úprava, kontrolní kazeta a v posledním kroku finishing nebo balení.

Výhodou tohoto návrhu je, že výparnickový blok po navaření krytu projde ještě všemi kontrolami těsnosti a rozměrů. Další výhodou návrhu č. 1 je nízká cena výparnickového bloku v případě kdyby během navařování plastového krytu došlo k jeho zničení a následnému zamítnutí na kontrole těsnosti.

První nevýhodou je však potřeba upravit zařízení na montáž trubek, které jsou součástí finishingu a to z důvodu, že přední lem plastového krytu zasahuje i do okolí kolem vstupu a výstupu výparnickového bloku, tím by docházelo ke kolizi s držáky, které slouží k pevnému uchycení výparníku během nanášení lepidla, montáži trubek a ventilu. Úprava těchto zařízení by musela proběhnout i v závodech, které odebírají korkované výparnickové bloky. Další nevýhodou je zaslepení možného úniku výparnickového bloku plastovým krytem, z toho důvodu by únik nemusel být zachycen na kontrole těsnosti, v nejhorším případě by se únik objevil až u zákazníka. Další, spíše estetickou nevýhodou je aplikace povrchové úpravy již na výparnickový blok s plastovým krytem, mohlo by tím docházet k jeho znečištění.

5.2.3 Návrh č. 2



Obrázek č. 48 Procesní mapa - návrh č. 2

V návrhu č. 2 je proces ultrazvukového navařování plastového krytu implementován do fáze kompletování výparníku. V obrázku č. 48 lze vidět, že stanoviště je umístěno jako další krok hned za nanesení lepidla, montáž trubek a expanzního ventilu. Důvodem je odstranění problému s úpravou nástrojů na montáž trubek, který byl zmíněn u předchozích dvou návrhů. Následujícími kroky jsou osazení výparníkového bloku těsnící pěnou, kontrola těsnosti, kontrola rozměrů a balení (stejně jako u stávající výroby).

Výhodou tohoto řešení je odstranění nákladů potřebných na úpravu nástrojů pro nasazování trubek na výparníkový blok.

Jelikož se však finishing skládá z 8 výrobních linek, je potřeba 8 stanovišť s ultrazvukovou svářečkou, což tento návrh dělá naopak velice nákladným. Další nevýhodou je čas stroje na navaření plastového krytu, které trvá několik sekund, oproti tomu čas všech ostatních stanovišť finishingu se pohybuje v rámci desítek sekund, časově nejdelším krokem je kontrola těsnosti v héliové komoře (cca. 50 sekund). Dalším nedostatkem je nutnost změnit tok výrobku ve výrobní hale a to z důvodu korkování a odesílání bloků zákazníkovi.

5.2.4 Návrh č. 3



Obrázek č. 49 Procesní mapa - návrh č. 3

Z obrázku č. 49 je vidět, že stanoviště s ultrazvukovou svářečkou je posunuto až za kontrolu těsnosti, povrchovou úpravu a kontrolu rozměrů výparníkového bloku, než tomu bylo u návrhu č. 1. Což znamená, že by stanoviště na implementaci plastového krytu bylo posledním krokem tzv. brazingové části výrobní linky.

Hlavní výhodou navrženého řešení je potřeba menšího počtu stanovišť, z čehož plynou nižší celkové náklady. Další výhodou je neporušení výrobního toku, stanoviště se nachází na rozhraní mezi skladem umístěným před finishingovou částí a stavištěm pro odesílání korkovaných bloků. Čas stroje je akceptovatelná pro brazingovou část výrobního procesu. Další výhodou je kontrola těsnosti výparníkových bloků po vyjetí z pece a bezproblémové nanesení povrchové úpravy.

Jedinou nevýhodou toho řešení zůstává potřeba úpravy všech finishingových nástrojů. Avšak v rámci celého projektu není tato částka rozhodující.

5.2.5 Shrnutí

Jako nejvýhodnější řešení byl vybrán návrh č. 3, což znamená implementovat stanoviště s ultrazvukovou svářečkou jako poslední krok brazingové části výrobní linky.

Řešení č. 3 má několik výhod oproti ostatním návrhům:

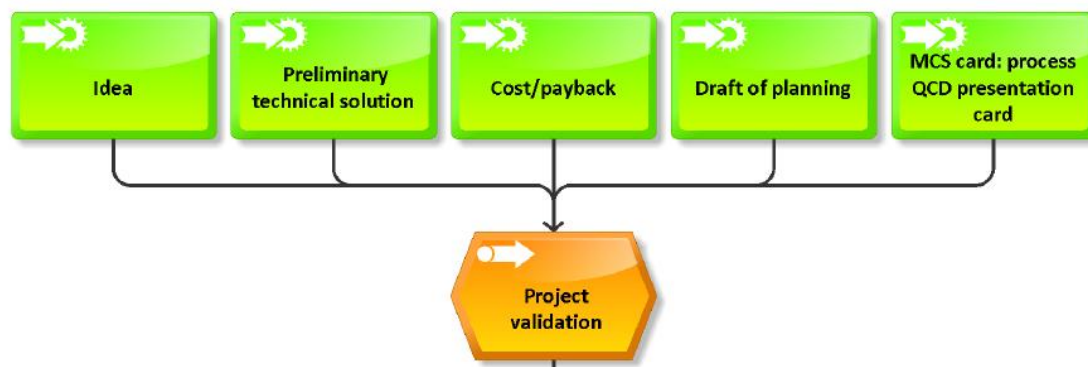
- detekce úniků na výparníkovém bloku po peci,
- bezproblémová aplikace povrchové úpravy,
- poloha stanoviště (neporušený tok výrobní linky),
- potřeba pouze jednoho stanoviště,
- čas stanoviště.

Nevýhodou tohoto řešení je investice do úpravy úchytů na jednotlivých stanovištích finishingu. Avšak výše této investice je v rámci celého projektu zanedbatelná.

5.3 Postup pro implementaci nového zařízení

V této kapitole budou detailně popsány jednotlivé fáze, které musí být splněny pro úspěšnou implementaci nového zařízení do sériového procesu. Budou uvedeny veškeré použité nástroje a metodiky potřebné k splnění určitých kroků projektu. Pro jednodušší pochopení byl vytvořen eEPC diagram celého procesu pomocí nástroje ARIS (Architektura integrovaných informačních systémů). Popis celého diagramu je rozdělen do několika fází. První z nich je validace projektu, do které spadá samotná myšlenka na změnu, její předběžné technické řešení, dále vyčíslení investice a předběžný časový plán. Následuje vytvoření funkčních specifikací projektu, výběr dodavatele, designová validace, instalace zařízení a finální výroba. Celá mapa procesu se nachází v příloze X.

5.3.1 Validace projektu



Obrázek č 50 Validace projektu

Idea (myšlenka)

Společnost klade velký důraz na nové a inovativní řešení, vznikající v rámci společnosti. Vesměs každý zaměstnanec se svým dobrým nápadem může pomoci společnosti ke zlepšení jakéhokoliv procesu. Každý dobrý nápad podaný zaměstnancem je prozkoumán a vyhodnocen, zda by mohl být pro společnost přínosný. Myšlenka musí být jasně formulována a jednoduše pochopitelná.

Preliminary technical solution (Předběžné technické řešení)

Předběžné technické řešení obsahuje požadavek na úroveň zmetkovitosti procesu (ppm -parts per million), dále na jeho kapabilitu, což je schopnost procesu dodávat výstup v rámci tolerovaného rozmezí hodnot a specifikovaného technického standardu. Následuje požadavek na rychlost procesu tzv. cycle time, ergonomii a bezpečnost celého procesu.

Cost/payback (náklady/návratnost)

Součet veškerých nákladů spojených s implementací nového zařízení do sériového procesu a plánovaná návratnost vynaložené investice.

Draft of planning (přibližný plán projektu)

Tento dokument určuje předběžný časový plán, kdy budou jednotlivé kroky projektu hotové.

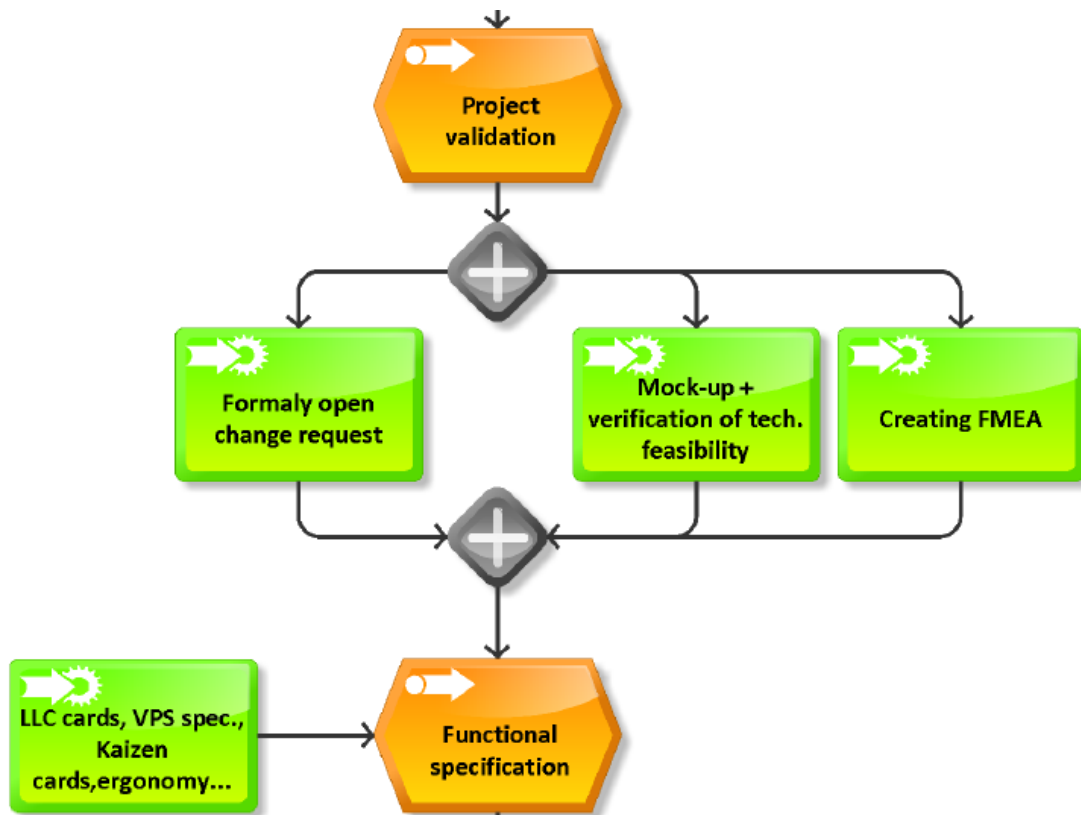
Quality Cost Delivery (QCD) card (kvalita, cena, dodání)

QCD, někdy také rozšířen na QCMD (kvalita, náklady, dodávka, morálka, bezpečnost), je přístup k řízení, který byl původně vyvinut s cílem pomoci společnostem v rámci britského automobilového sektoru. Analýza QCD se používá k přístupu k různým složkám výrobního procesu. Poskytuje přesné zpětné vazby v podobě faktů a čísel, které pomáhají vrcholovému managementu pro logické a prospěšné rozhodnutí. Navíc pomocí shromážděných dat je to mnohem jednodušší organizace celého projektu.

Project validation (Validace projektu)

Po splnění výše uvedených kroků je projekt prezentován před komisí složenou z vedení společnosti. Úkolem této komise je rozhodnout, zda se do projektu budou investovat peníze. Pokud bude projekt schválen, začíná první fáze projektu a to vytvoření funkčních specifikací, které jsou podrobněji popsány v další kapitole.

5.3.2 Funkční specifikace



Obrázek č. 51 funkční specifikace

Formally open change request (vytvoření žádosti na změnu)

Vytvoření žádosti v interním podnikovém informačním systému, tento elektronický dokument slouží k definování jednotlivých fází a milníků daného projektu, umožňuje zainteresovaným osobám jednoduchý přístup ke sledování aktuálního stavu projektu a také ke schvalování jednotlivých kroků. Požadavek se automaticky sdílí se všemi ostatními pobočkami společnosti ve světě.

Mock-up + verification of technical feasibility (Maketa + ověření technické proveditelnosti)

Vytvoření makety, což může být například určitý úkon části finálního stroje, u kterého se může vyskytnout nebezpečí poškození produktu.

V našem případě ověření technické proveditelnosti navařování plastového krytu na hliníkový výparník bylo testováno již u dodavatele ultrazvukových svářeček. Z toho důvodu nebylo nutné vytvořit jakékoliv makety.

PFMEA - Process Failure Mode Effect analysis (analýza možných vad a jejich důsledků)

Podstatou metody FMEA je systematická identifikace všech možných vad procesu a jejich důsledků. Probíhá identifikace kroků k zamezení, snížení nebo omezení příčin těchto vad a zdokumentování celého procesu. Metoda vyžaduje velkou zkušenost týmu s analyzovaným systémem - správná identifikace možných vad a jejich následků je založena z velké části na zkušenostech, z toho důvodu je doporučeno složení týmu z více lidí tak, aby se jejich znalosti a zkušenosti vzájemně vykrývaly.

LLC - Lesson Learned Card

Seznam LLC karet se využívá k hledání předešlých problémů spjatých s nějakým procesem ve společnosti, může se jednat o problém v kterémkoliv oddělení. Karty obsahují podrobný popis, v jaké pobočce problém nastal. Následuje identifikace selhání procesu pomocí metody 5W2H (What, Why When, Who, Where, How, How much). Karty obsahují také například ilustrační fotky špatného a dobrého kusu. Poté je metodou 5W (5x why) zjištěna kořenová příčina problému. Poslední položkou v LLC kartě je podrobný popis toho, jak se problém vyřešil, jaká musela nastat opatření a jaká z tohoto problému plynou ponaučení. Díky tomuto seznamu jsou pracovníci schopni vyhledávat problémy, které byly nalezeny v podobném procesu a mohou zjistit, jak byly řešeny.

Lean Process Design Checklist

Tento kontrolní seznam definuje veškeré požadavky, které mají být použity na implementaci zcela nového výrobního zařízení nebo jen pro modifikaci aktuálního zařízení. Dokument zahrnuje technický návrh zařízení, materiálový tok a ergonomické aspekty. LPDC musí být součástí žádosti o cenovou nabídku (RFQ), která se zasílá potenciálnímu dodavateli. Slouží jako nástroj k pochopení požadavků společnosti na požadované zařízení či službu.

Kaizen cards

Kaizen je metoda postupného zlepšování, která se zaměřuje na postupné optimalizování procesů a pracovních postupů, zvyšování kvality a snižování zmetkovitosti. Úspory materiálu a času vedoucí ke snižování nákladů, dále na bezpečnost práce a snižování úrazovosti na pracovišti.

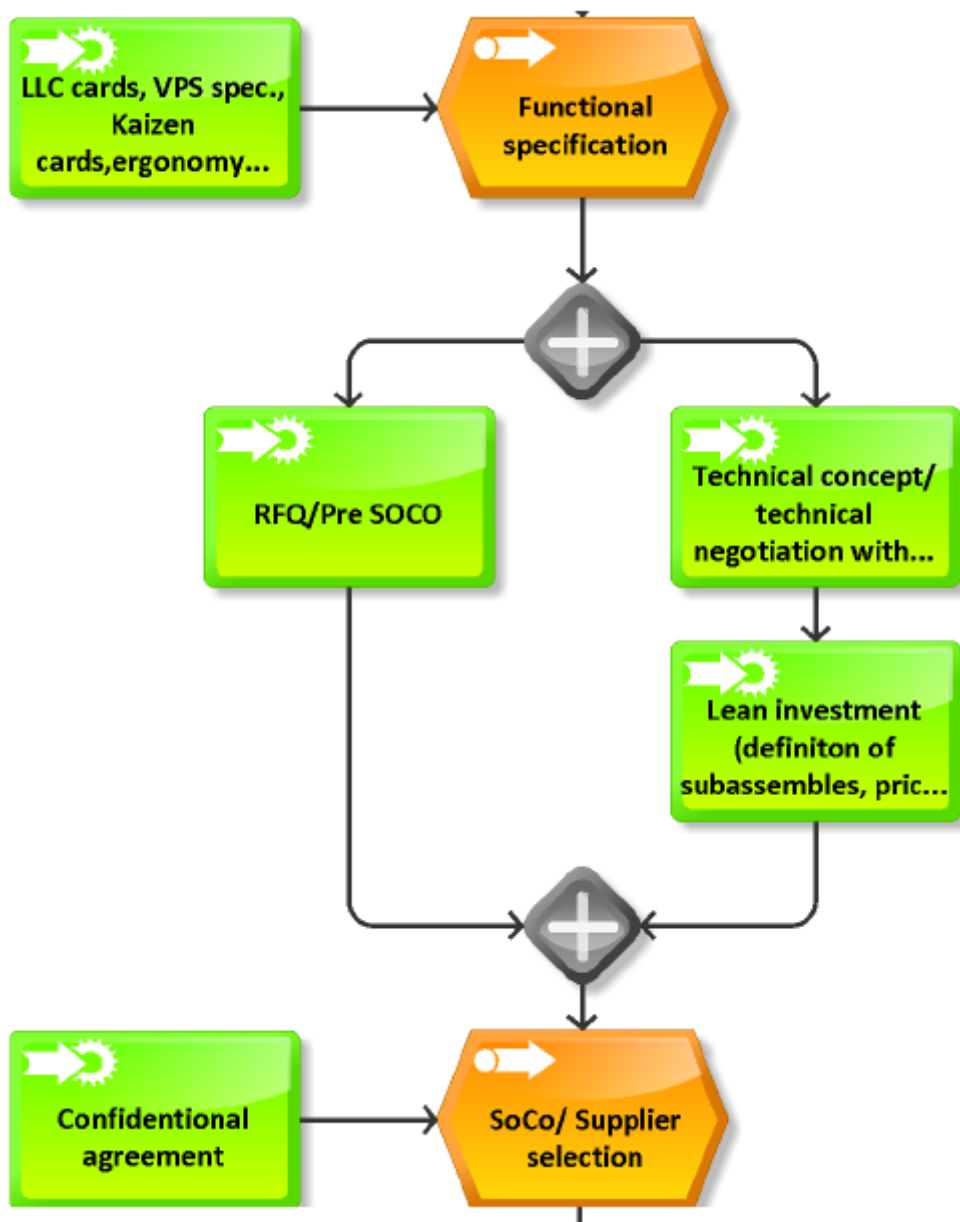
Ergonomy procedure and standards (Ergonomické standardy a požadavky)

Slouží k definování základních ergonomických požadavků, pro vývoj a konstrukci nových strojů (nástrojů) a pracovišť. Směrnice má za cíl předem eliminovat dodání ergonomicky nepřijatelného stroje, nástroje, nebo nevyhovujícího pracoviště, kde dochází

k nepřijatelnému zatížení, polohám a pozicím během standardní práce. Na novém stroji, nástroji, nebo pracovišti se nesmí vyskytovat žádný z prvků v této směrnici.

Pracoviště, stroj, nástroj musí zohledňovat operátory malého vzrůstu i velkého vzrůstu. Musí být zohledněny manipulační prostor pro kompletace komponentů, prostory pro pohyb rukou, operátor nesmí být vystavován nadměrnému hluku, teple a chladu.

5.3.3 Výběr dodavatele



Obrázek č. 52 Výběr dodavatele

Request for quotation (RFQ) žádost o cenovou nabídku

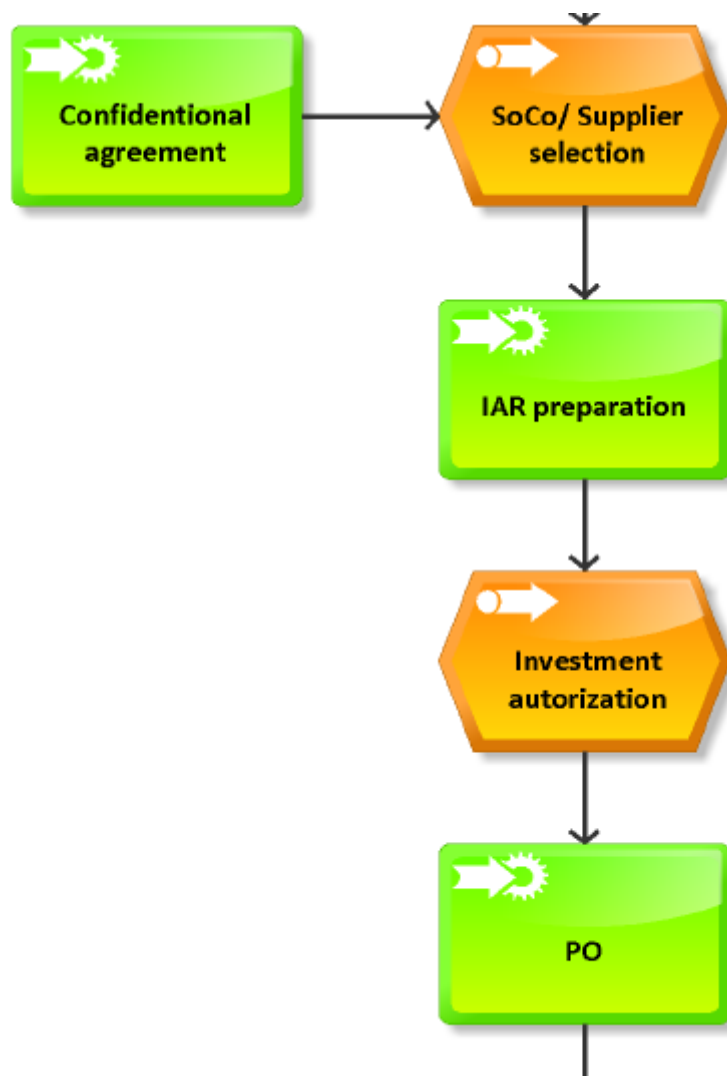
Žádost o cenovou nabídku (RFQ) je standardní obchodní proces, jehož cílem je pozvat dodavatele do výběrového řízení, aby se ucházely o konkrétní výrobky nebo služby.

RFQ obvykle zahrnuje více než jen cenu za kus. O informace, jako jsou platební podmínky, úroveň kvality za položku nebo délka smlouvy je možné požádat již ve fázi výběrového řízení.

Dodavatelé musí vytvořit nabídku k předem stanovenému datu. Na základě nabídek se mohou konat další jednání pro objasnění technických schopností specifikací, nebo pro úpravu chyb v návrhu. První cenová nabídka nemusí znamenat finální řešení, může následovat, několik dalších kol pro získání nejlepší tržní ceny.

Technical negotiation with supplier (Technické vyjednávání s dodavatelem)

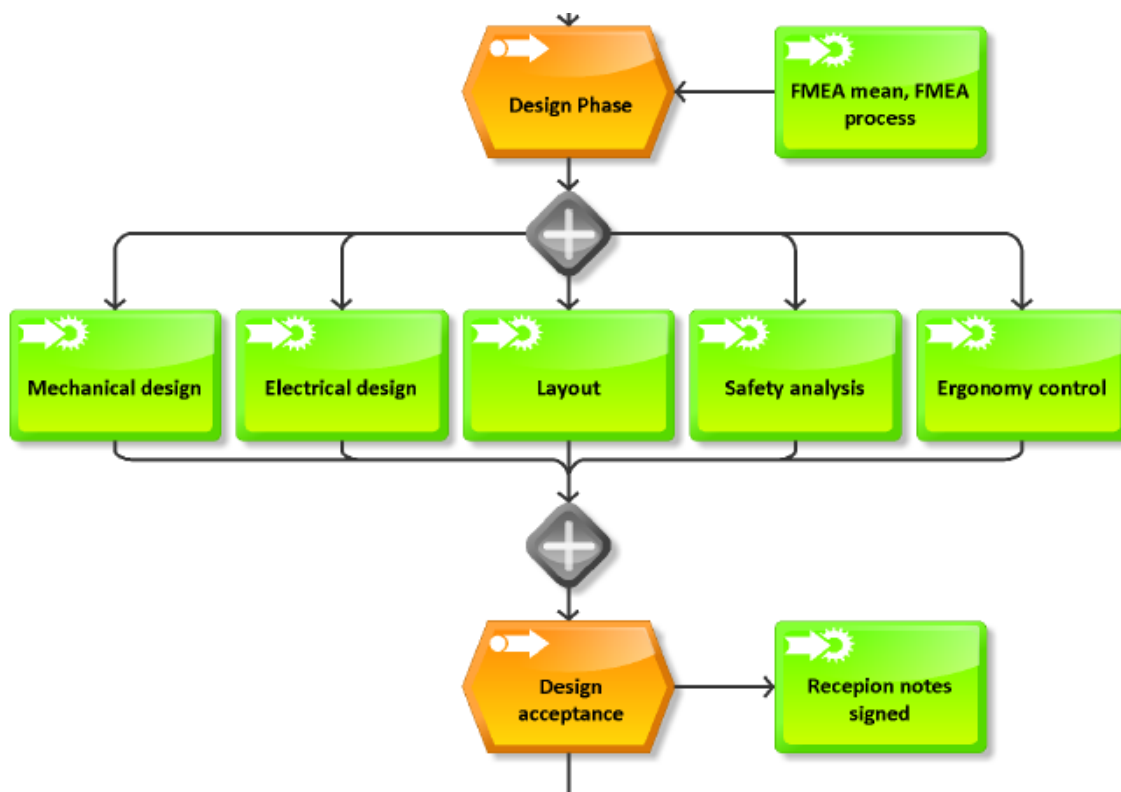
Během realizování požadovaného zařízení dodavatelem probíhá technická podpora ze strany naší společnosti. Výhodou jsou odborné znalosti, zkušenosti z předchozích projektů a podpora s VPS specifikacemi.



Obrázek č. 53 Cenová nabídka

Po ukončení výběrového řízení a vybrání vítěze na výrobu jednoúčelového zařízení probíhá schvalování finální investice na daný projekt. Po schválení investice je dodavateli zaslána objednávka na nákup daného zařízení.

5.3.4 Designová fáze



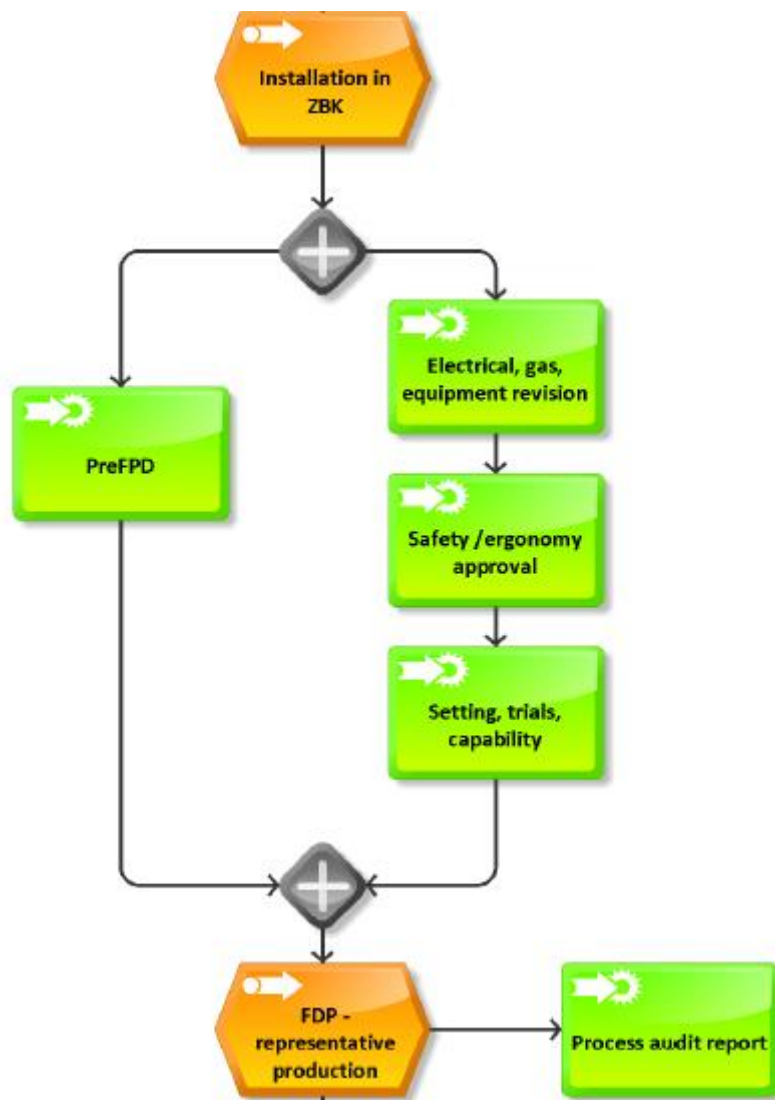
Obrázek č. 54 Schválení návrhu

Z procesní mapy lze vidět, že předem vytvořená FMEA vstupuje do designové fáze již od samotného začátku. Součástí designové validace je vytvoření výsledného mechanického a elektrického designu zařízení, následuje vytvoření finálního layoutu a definování pracovního postupu (workflow) Na závěr probíhá bezpečnostní analýza a kontrola ergonomie celého zařízení.

Po splnění výše uvedených požadavků dochází ke schvalování konečného designu zařízení. Po dokončení výroby následuje technická přejímka u dodavatele.



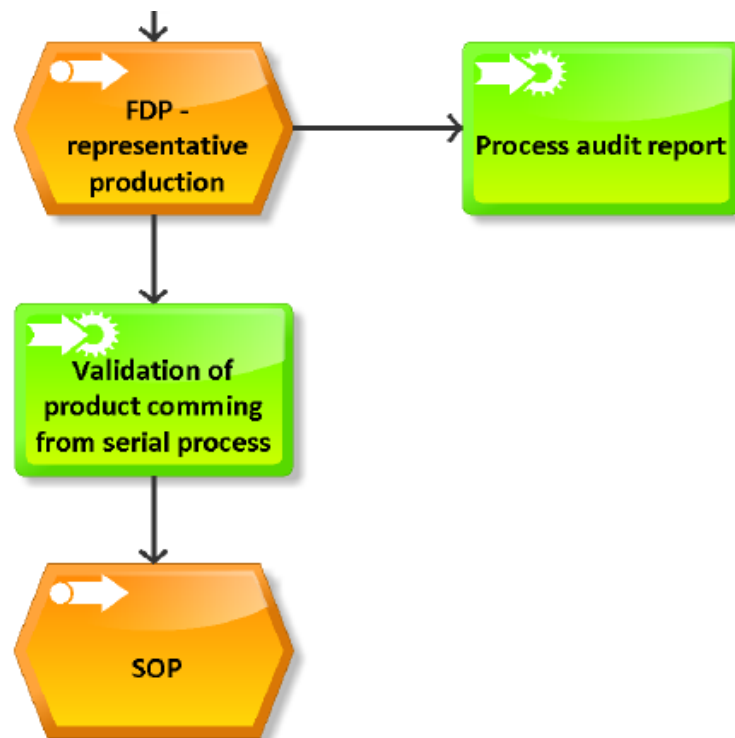
5.3.5 Instalace zařízení



Obrázek č. 55 Instalace zařízení

Po nainstalování a zapojení nového zařízení na předem definované místo v sériovém procesu probíhá bezpečnostní a ergonomická kontrola. Po jejím schválení následuje předběžná výroba prvních kusů tzv. preFPD, při které už stroj ovládají předem vyškolení operátoři. Celý proces je podrobně monitorován, doladují se všechny nepřesnosti a sleduje se kapabilita procesu.

5.3.6 SOP



Obrázek č. 56 Start produkce

FDP - Full day production (jednodenní výroba)

Výroba probíhá po dobu 24 hodin za plného provozu, podmínky výroby musí být shodné s budoucí sériovou produkcí, spolu s operátory vyškolenými pro tyto pracovní pozice. Celý proces je pečlivě sledován jak z procesního tak z kvalitativního hlediska. Po vyhodnocení všech získaných údajů během výroby je proveden audit daného procesu. Dále se validuje samotný produkt, který byl po dobu FDP vyroben.

SOP - Start of production (start výroby)

Pokud výsledky z FDP jsou kladně ohodnoceny, začíná start sériové produkce, kdy vyrobené kusy již putují k příslušnému zákazníkovi.

6 CENOVÁ KALKULACE

V této kapitole bude uvedena cenová kalkulace projektu implementace ultrazvukového svařování do sériového procesu.

V následující tabulce je uvedeno porovnání ceny materiálu, práce, odpadu a údržby hliníkového a plastového krytu. V levé části tabulky jsou zobrazeny částky vztažené na 1 kus výparníku. V pravé části tabulky jsou uvedeny hodnoty přepočtené na roční objem výroby výparníků s hliníkovým krytem, který činí 5 300 000 kusů.

Tabulka 8 Cenová kalkulace ročních nákladů a úspor

Náklady	Kč/kus		Kč/rok		
	Hliníkový kryt	Plastový kryt	Hliníkový kryt	Plastový kryt	Rozdíl
Materiál	1,335	1,51	7 075 500	7 950 000	-874 500
Práce	0,84	0,756	4 452 000	4 006 800	445 200
Scrap	0,2	0	1 070 000	0	1 070 000
Údržba			250 000	20 000	230 000
				Celkem	870 700

Materiál

Cena plastového krytu byla navržena firmou Pehtoo, zabývající se výrobou forem na vstřikování plastů. Cena 1,51 Kč/kus byla kalkulována na objem 5 300 000 kusů/rok po dobu 7 let a při použití materiálu PA66 GF15 (polyamid + 15% sklených vláken). Musí se však brát v potaz, že cena za plastový kryt je pouze prvním odhadem od jednoho potencionálního dodavatele. Pro finální dodavatele musí proběhnout výběrové řízení, kde by byla požadována cena za plastový kryt co nejbližší ceně za kryt hliníkový. Stále ještě není jisté, zda bude potřeba skelných vláken v plastovém krytu a jaká bude výsledná tloušťka krytu. Což znamená, že výsledná cena by mohla být nižší, než s jakou bylo počítáno v této práci.

Práce

Cena byla stanovena na základě času a ceny operátorů na činnosti nasazování hliníkového krytu (13 sekund), oproti taktu stanoviště s ultrazvukovou svářečkou (10 sekund). Lze vidět, že stanoviště s ultrazvukem zabere operátorům kratší čas, což znamená i nižší cenu této operace. Ročně by toto stanoviště ušetřilo přibližně 445 200 Kč.

Scrap

Scrap vyjadřuje počet špatných kusů způsobených hliníkovým během sériové výroby. Hlavním cílem tohoto projektu je nahradit a tím tedy eliminovat počet špatných kusů, které během stávající výroby vznikají. Ročně by odstranění tohoto počtu vadných

kusů firmě ušetřilo přibližně 1 070 000 Kč. Počítáno z aktuálních dostupných hodnot, které se daří postupně snižovat s implementováním procesních vylepšení s cílem snížit vadné kusy.

Údržba

Cena za údržbu přípravků na uchycení hliníkových krytů během pájení v peci je velice nákladný proces. Proto i v této oblasti by přineslo ultrazvukové navařování plastového krytu značnou roční úsporu kolem 230 000 Kč.

Výsledná roční úspora při použití plastového krytu namísto stávajícího hliníkového činí přibližně 870 700 Kč.

Jednorázové náklady

V následující tabulce jsou uvedeny jednorázové náklady spojené s implementací ultrazvukového navařování plastového krytu do sériového procesu.

Tabulka 9 Výsledná kalkulace jednorázových nákladů

Investice (Kč)	Hliníkový kryt	Plastový kryt	
Proto forma	-	80 000	-80 000
Sériová forma	-	1 080 000	-1 080 000
Stroj (2x)	-	3 324 000	-3 324 000
Vývoj (Kč)			
Testy	-	32 000	-32 000
Proto	-	20 000	-20 000
Lidské zdroje	-	80 000	-80 000
		Celkem	-4 636 000

Pozn.: V jednorázových nákladech není započtená cena za úpravy nástrojů, která byla zmíněna v odstavci 5.2.4. Důvodem je, že tato investice může být pravděpodobně odstraněna výsledným designem plastového krytu.

Celková cena jednorázových nákladů zahrnuje výrobu prototypové formy, která je potřebná k ladění procesu navařování ultrazvukem. Dále je uvedena cena formy pro sériovou výrobu (8 kavit). Pro dosažení objemu výroby, jako ve stávajícím procesu výparníků s hliníkovým krytem bude potřeba 2 stanovišť s ultrazvukovou svářečkou.

Další částí jednorázových nákladů je cena za vývoj a validaci plastového krytu. Cena prototypů se pohybuje kolem 20 000 Kč, další položkou je cena za testy nutné k validaci plastového krytu. Poslední položkou jsou lidské zdroje, tzn. počet hodin strávených na tomto projektu.

Výsledná částka za jednorázové náklady byla odhadnuta na 4 636 000 Kč.

Závěr

Na základě výsledných dat získaných z cenové kalkulace vyplývá, že výše investice na implementaci plastového krytu výparníku do sériové výroby by byla splacena za 5,3 let (jednorázové náklady/roční úspora). Jak již bylo zmíněno, ceny jsou pouze prvním odhadem. Nejdůležitější položkou je výše ceny za jeden kus plastového krytu, která musí být snížena během následného výběrového řízení. Výslednou cenu může také ovlivnit obsah skelných vláken uvnitř materiálu a tloušťka plastového krytu, obě tyto položky ještě nejsou finální. Dobrých výsledků bylo dosaženo u kalkulace ceny za práci na jednom kusu výparníku, takt stroje s ultrazvukovou svářečkou je kratší o 3 sekundy než stávající proces nasazování hliníkového krytu a jeho uchycení speciálním přípravkem. Další značnou úsporou je odstranění nákladné údržby přípravků pro uchycení hliníkového krytu během pájení v peci. Nejdůležitější a největší úsporou v případě implementace ultrazvukového svařování je eliminování počtu špatných kusů během stávající výroby, způsobených špatně napájeným hliníkovým krytem. Jednorázové náklady na tento projekt byly spočteny na přibližnou částku 4 636 000 Kč.

Všechny ceny zmíněné v této kapitole jsou pouze orientační, výsledná úspora a náklady slouží k vypočtení návratnosti investice na tento projekt. Na základě doby návratnosti této investice se rozhodne, zda projekt bude spuštěn. Cílem je mít dobu návratnosti pod dva roky.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo otestovat technologii ultrazvukového svařování pro implementaci plastového krytu na hliníkový výparník a tím nahradit stávající řešení v sériové výrobě výparníků.

Z výsledků testování všech vytvořených verzí plastového krytu plyne, že pro dosažení správného navaření plastového krytu na prototypové svářečce v laboratořích firmy Dukane bude potřeba navrhnout a zhotovit speciální přípravek, který bude sloužit k přidržení horní navařené strany plastového krytu, při navařování jeho bočních stran. Tím docílíme k pevnému přilehnutí koncové desky v místě mezi prvním a druhým lemem. Design a technologie výroby další verze plastového krytu zůstanou stejné jako u verze 6. V případě dosažení dobrých výsledků s připraveným přípravkem u verze 7 bude dalším krokem zhotovení prototypové formy na vstřikování plastů (životnost cca. 300 kusů). Díky tomuto množství vzorků bude možné začít ladit jednotlivé parametry samotného procesu ultrazvukového navařování. Jako vhodný materiál pro plastový kryt byl vybrán polyamid s 15% skelných vláken pro získání větší pevnosti.

Jako nejvýhodnější řešení pro implementaci stanoviště s ultrazvukovou svářečkou do sériového procesu byl vybrán návrh č. 3, což znamená vložit tento krok na konec pájecí části výrobního linky hned za kontrolní kazetu. Toto řešení má několik výhod oproti ostatním navrženým řešením. První z nich je pozice stanoviště, kdy nebude narušen tok výroby stávající sériové linky. Další výhodou je takt stroje, který bude v této části procesu více než dostačující.

Z výsledných dat získaných z cenové kalkulace vyplývá, že návratnost investice na implementaci plastového krytu výparníku do sériové výroby by byla za 5,3 let. Veškeré ceny uvedené v této práci jsou pouze prvním odhadem. Nejdůležitější položkou je výše ceny za jeden kus plastového krytu, která musí být snížena během následného výběrového řízení. Výslednou cenu může také ovlivnit obsah skelných vláken uvnitř materiálu a tloušťka plastového krytu, obě tyto položky stále nejsou finální. Dobrého výsledků bylo dosaženo u kalkulace ceny za práci na jednom kusu výparníku, jelikož takt stroje s ultrazvukovou svářečkou je kratší o 3 sekundy než stávající proces nasazování hliníkového krytu a jeho uchycení speciálním přípravkem. Další značnou úsporou je odstranění nákladné údržby přípravků pro uchycení hliníkového krytu během pájení v peci. Nejdůležitější a největší úsporou v případě implementace ultrazvukového svařování je

eliminování počtu špatných kusů během stávající výroby, způsobených špatně napájeným hliníkovým krytem. Všechny hodnoty byly kalkulovány na objem 5 300 000 kusů ročně.

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [1] FREUNDENRICH, Craig. *How Ultrasonic Welding Works* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://science.howstuffworks.com/ultrasonic-welding.htm>.
- [2] DUKANE, Corporation. *What is Ultrasonic Welding?* [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.dukane.com/us/PPL_whatisUPA.htm.
- [3] VALEO. *Business Activity Structure* [online]. Publikováno 12.2015 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <http://www.valeo.com/en/our-activities/>.
- [4] CHYSKÝ, Jaroslav, HEMZAL, Karel. *Větrání a klimatizace*. 3. Vyd. Praha: Bolit-B, 1993. 490 s. ISBN: 80-901574-0-8.
- [5] NOŽIČKA, Jiří. *Základy termomechaniky*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2004. 187 s. ISBN 978-80-01-04022-5
- [6] JIRSA, Jakub. *Implementace prvků interní čistoty výrobního systému s ohledem na požadavky zákazníka*. Plzeň, 2013. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta strojní. Vedoucí práce Milan EDL.
- [7] DUKANE. *O naší společnosti* [online]. [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://www.dukane.eu/cz/o-dukane>.
- [8] SEVERA, Tomáš. *Analýza teplotního profilu hot bed a hot end u 3D tiskárny pomocí CAE*. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Petr VYROUBAL.
- [9] DUKANE. *Servo Ultrasonic Press System* [online]. [cit 2016-03-02]. Dostupné z: http://www.dukane.eu/downloads/data_sheets/iQ_Servo_Press_data_sheet_EN.pdf
- [10] VALEO. *Multi-Channels Evaporator 38mm "LUCIE" Functional Specifications*. Publikováno 18.12.2015 [cit. 2016-03-03].
- [11] EVERYTHING about Logistics. *QCD - Quality, Cost and Delivery* [online]. Publikováno 27.05.2010 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <https://johanneswoe.wordpress.com/2010/05/27/qcd-quality-cost-and-delivery/>
- [12] MANAGEMENT, Mania. *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)* [online]. Publikováno 20.04.2016 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/failure-mode-and-effect-analysis>
- [13] MANAGEMENT, Mania. *Kaizen* [online]. Publikováno 29.10.2015 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/kaizen>

- [14] VALEO. *Ergonomické požadavky a standardy pro vývoj a nákup nástrojů, strojů a pracovišť*. Publikováno 04.12.2009 [cit. 2016-03-03].
- [15] NEGOTIATIONS. *RFQ – Request for Quotation* [online]. [cit. 2016-03-03].
Dostupné z: <http://www.negotiations.com/articles/procurement-term>

