

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra Technologií a Měření

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh a realizace výrobní linky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub LAŠTOVIČKA**
Osobní číslo: **E14N0021P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh a realizace sestavy výrobní linky**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

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

Návrh a realizace výrobní linky dle požadavků firmy


1. Popište výrobní produkt, který se má vyrábět.
2. Navrhněte vhodná řešení pro realizaci výrobní linky dle požadavků firmy.
3. Vyberte a realizujte optimální řešení dle technických a ekonomických parametrů z dostupných nabídek na trhu.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

1. Dokumentace dodané firmou Valeo.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Čengery, Ph.D.**
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2016**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

V předkládané diplomové práci je řešen vývoj komponentů v automobilovém průmyslu. Hlavní část se zaměřuje na výběr technologie zápisu, navrhování komponentů a čárový kód. Následně je pro výrobu stroje s těmito technologiemi vybrán dodavatel. Dle nároku jednotlivých Valeo standardů jako je ergonomie, kvalita a údržba je společně s dodavatelem vyvíjeno nejlepší možné řešení, které je pak uvedeno do provozu.

Klíčová slova

Laserový popis, procesní inženýr, výparník, R744, pájení hliníku, stavba popisovací stanice, QR.

Abstract

The master thesis presents development of component from automotive industry. It is focused on technological processing, quality and saving. Main part is about designing a component, selecting the writing technology and data matrix. Then there is selection among suppliers and the best win the competition. With help of customer supplier creates machine, which meets requirements to Valeo standards, such as quality, maintenance and ergonomics.

Keywords

Laser marking, process engineer, automotive industry, aluminium brazing, automated machine scheme and building.

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 16.5.2016

Jakub Laštovička

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval firemnímu konzultantovi diplomové práce Ing. Jakubovi Zápotockému, za cenné profesionální rady a připomínky v celém průběhu projektu i při zpracování diplomové práce.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
1 TECHNICKÁ SPECIFIKACE A POŽADAVKY	12
1.1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	12
1.2 CÍLE PRÁCE	13
1.3 TEORETICKÝ ÚVOD K LASEROVÉ TECHNOLOGII.....	15
1.3.1 Princip laseru.....	15
1.3.2 Rozdělení laserů	16
2 VÝBĚR TECHNOLOGIÍ PRO TISK ČÁROVÉHO KÓDU	18
2.1 POŽADAVKY NA TISK ČÁROVÉHO KÓDU	18
2.1.1 Čárový kód na konektoru.....	18
2.1.2 Čárový kód na monobloku.....	19
2.1.3 Typy čárových kódů.....	19
2.2 VÝBĚR ČÁROVÉHO KÓDU	20
2.1 VÝBĚR TECHNOLOGIE TISKU ČÁROVÉHO KÓDU	21
2.1.1 Inkoustová tiskárna.....	21
2.1.2 Mikroúder.....	22
2.1.3 Laser.....	22
2.2 TEST ČITELNOSTI ČÁROVÉHO KÓDU Z LASERU	23
2.3 NÁVRATNOST LASEROVÉ TECHNOLOGIE	24
3 KVALITA PÁJENÍ A DESIGN KONEKTORU	27
3.1 DESIGN KONEKTORU	27
3.2 TEORIE PÁJENÍ HLINÍKU.....	28
3.3 PÁJENÍ KONEKTORU	29
4 REALIZACE VÝROBNÍ LINKY	34
4.1 URČENÍ ZÁKLADNÍCH PRVKŮ STROJE	34
4.1.1 Funkční specifikace	34
4.1.2 Výběr hlavních kandidátů na dodavatele.....	35
4.2 VÝBĚR DODAVATELE	36
4.3 DESIGNOVÁ FÁZE	39
4.3.1 PFMEA.....	39
4.3.2 MFMEA.....	41
4.3.3 Ergonomie	42
4.3.4 Úprava jednotlivých částí stroje.....	43
4.4 PŘEVZETÍ STROJE U DODAVATELE	45

4.5	PŘEVZETÍ STOJE U ZÁKAZNÍKA	47
4.6	PRACOVNÍ INSTRUKCE A START SÉRIOVÉ VÝROBY	47
	ZÁVĚR.....	49
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	50
	PŘÍLOHY	1
	PŘÍLOHA A – PRŮBĚH TEPLOT NA RŮZNÝCH PÁJECÍCH PŘÍPRAVCÍCH	1
	PŘÍLOHA B – PRŮBĚH TEPLOT NA PŘÍPRAVCÍCH S TEPLOVODIVÝM SPREJEM.....	2
	PŘÍLOHA C – FINÁLNÍ PODOBA STROJE	3

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na vývoj a realizaci výrobního stroje pro firmu vyrábějící výparníky do automobilů. Náplní práce procesního inženýra, jehož povinností je postarat se o komponent konektor, zajistit procesní podporu během vývoje designu validace procesu a vývoj všech nutných procesních zařízení pro sériovou výrobu. Práce je rozdělena do několika částí.

První část představuje produkty, obsahuje požadavky a teoretickou část pro určení možných řešení pro realizaci tisku na hliník a zhodnocení materiálů použitých pro pájení. Druhá část je věnována výzkumu a experimentům v oblasti laserového zapisování, třetí část vybírá dodavatele a upravuje designové části a poslední pojednává o realizaci stroje a jeho uvedení do provozu.

Seznam symbolů a zkratek

DINDeutsches Institut für Normung, německý ústav pro normalizaci

LUCIELight Ultra CoolingInovatingEvaporator.

MTBFMeantimebetweenfault. Průměrná doba mezi zastaveními stroje na chybu.

MTTR.....Meantime to repair. Průměrný čas potřebný pro opravu jedné poruchy

NTDS.....Nouveau Traitment De Surface

SOP.....Start ofproduction

TPM.....Totalpreventivemaintenance. Plánování preventivní údržby.

TRP.....Efektivní využití času určeného pro výrobu

1 Technická specifikace a požadavky

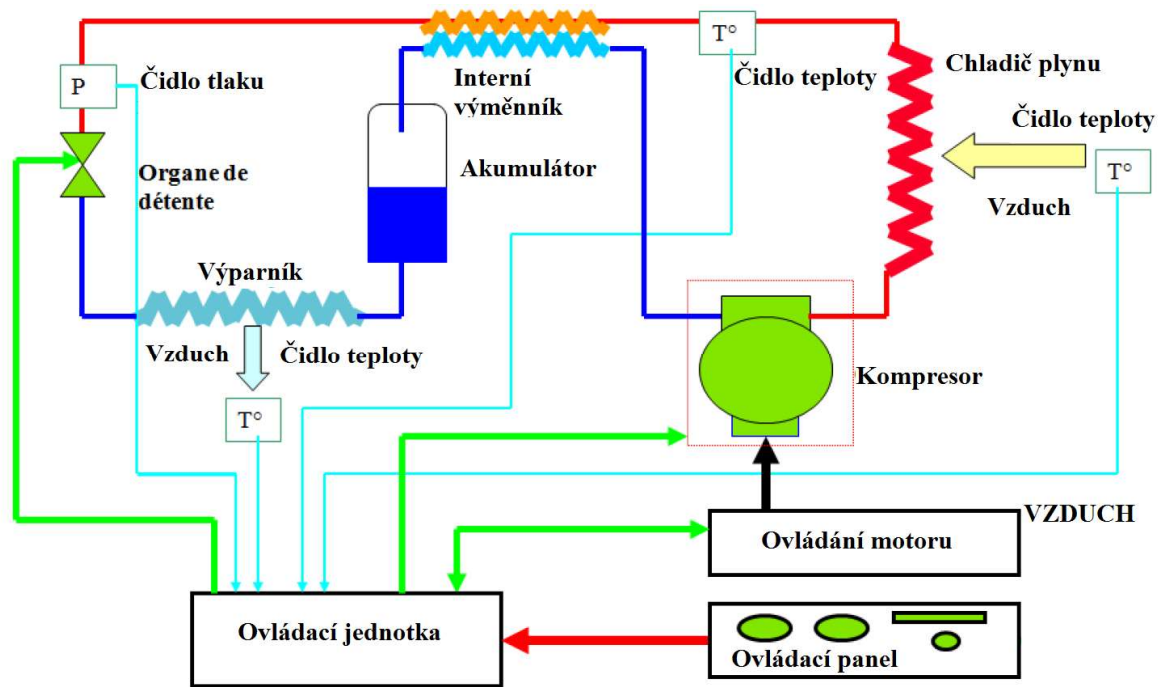
1.1 Představení společnosti

Z důvodu možného úniku citlivých informací, které tato práce obsahuje, jsou veškeré důležité údaje zkráceny a nevypovídají skutečnému stavu.

Společnost Valeo působí v automobilovém průmyslu v mnoha odvětvích, v České republice jsou to automatizované řídicí systémy, kompresory, klimatizační jednotky a výparníky. Pobočka, ve které je tato diplomová práce realizována se specializuje na výparníky, trubky a ventily připojující soustavu k celému systému klimatizace.

Vyráběný výparník je důležitá komponenta klimatizace nalézající se pod palubní deskou automobilu. Jeho hlavní funkcí je ochlazení a vysušení vzduchu proudícího do kabiny automobilu. Vzduch prochází přes teplosměnnou plochu bloku, ve které proudí ochlazená kapalina. Chladicí efekt je docílen prudkou expanzí tekutiny a systém je navržen tak, aby ochlazoval proudící vzduch pod teplotu rosného bodu a zároveň ho tím vysoušel.

Projekt, součástí kterého je tato práce, vznikl kvůli nové směrnici evropské unie [1]. Staré chladivo R134a obsahuje tetrafluoretan a nevyhovuje tak požadavkům kladeným evropskou unií pro emise skleníkových plynů. Směrnice přikazuje od počátku tohoto roku používat nové chladivo R1234yf obsahující hydrofluorelefin ale jenže v testech bylo zjištěno, že při srážce a vzplanutí existuje možnost, že chladivo uvolní vysoce nebezpečný fluorovodík a usmrtí tím posádku vozu. Německou automobilkou Daimler, která je již několik let naším zákazníkem, byl Valeu přidělen úkol vyvinout nový systém chlazení, které by eliminovalo bezpečnostní rizika a zároveň splňovalo přísné emisní normy. Jedna z možných cest je nahradit náplň klimatizace chladivem CO₂ (obchodní název R744). Tento typ chladicího média se doposud v automobilech nepoužíval a to převážně kvůli velmi odlišnému konstrukčnímu řešení. Aby se CO₂ mohlo přeměnit na kapalinu, musí celý systém pracovat s tlakem kolem 80 barů, což představuje desetinásobek oproti stávajícímu systému s chladivem R134a, které bude s ohledem na životní prostředí legislativně zakázáno od roku 2017.



Obr. 1.1 Schéma nové klimatizace R744

Klimatizace, která je takto vyvíjena bude mít kompletně odlišné řešení konstrukce, potrubí i těsnění. V rámci standardizace k normám DIN zůstaly zachovány některé prvky, aby tento typ klimatizace mohli vyrábět i další výrobci. Tento postup by měl urychlit zavedení nového výparníku do praxe. Kompletní schéma nového typu klimatizace je na Obr. 1.1.

1.2 Cíle práce

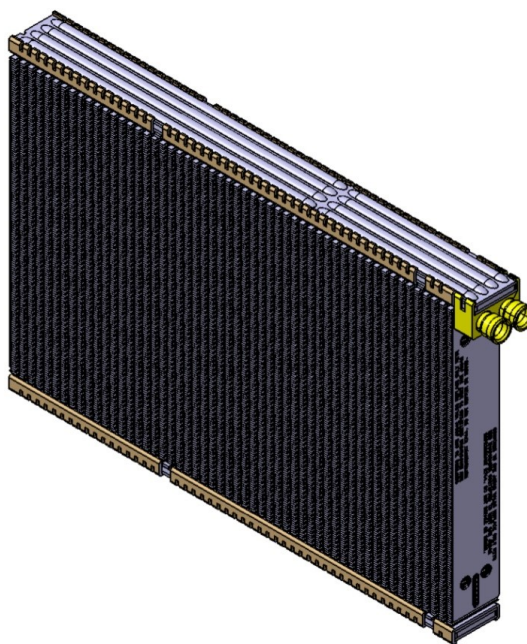
Výsledkem této práce by měly být správně konstrukčně řešené komponenty a stroj na jejich následné zpracování. Hlavními požadavky jsou:

1. Zpracovávané díly musí být označeny unikátním kódem, který zajistí sledování výrobku po dobu zpracování a dále pro informaci zákazníkovi. Komponenty musí splňovat nároky zákazníka a úkolem je vybrat jaký typ kódu bude pro tuto aplikaci dle daných nároků nejvhodnější.
2. Dalším cílem je navrhnout nový konektor, technologický postup pro jeho správné připojení procesem pájení a případně odhalit jakoukoliv možnost úspory.

3. Vybrat dodavatele stroje, který bude označovat jednotlivé komponenty.
4. Působit jako dozor a podpora při výrobě stroje, dohlížet na správné načasování a zkontrolovat, zda výsledný produkt odpovídá požadavkům ve funkčních specifikacích.

Návrh konektoru

Konektor je díl spojující samotný výparník s trubkami, kterými proudí chladicí kapalina a je u něj kladen velký důraz na spolehlivé spojení, realizované pomocí pájení. Každý výparník bude testován nejdříve tlakem 180 barů dusíku a poté 156 bary helia. Každé 4 hodiny se také bude testovat sériový kus vodou natlakovanou na 320 barů po dobu jedné minuty. Z tohoto důvodu bude nutné zvážit použité materiály a design. Dále bude konektor opatřen také některým typem čárového kódu, který na něj bude natisknut na začátku procesu, a následně se bude dle informací něm obsažených určovat, kterou technologií se má blok opracovat a kam má dále směřovat. Nový typ konektoru a jeho pozice je na *Obr. 1.2*, vyznačen žlutou barvou.

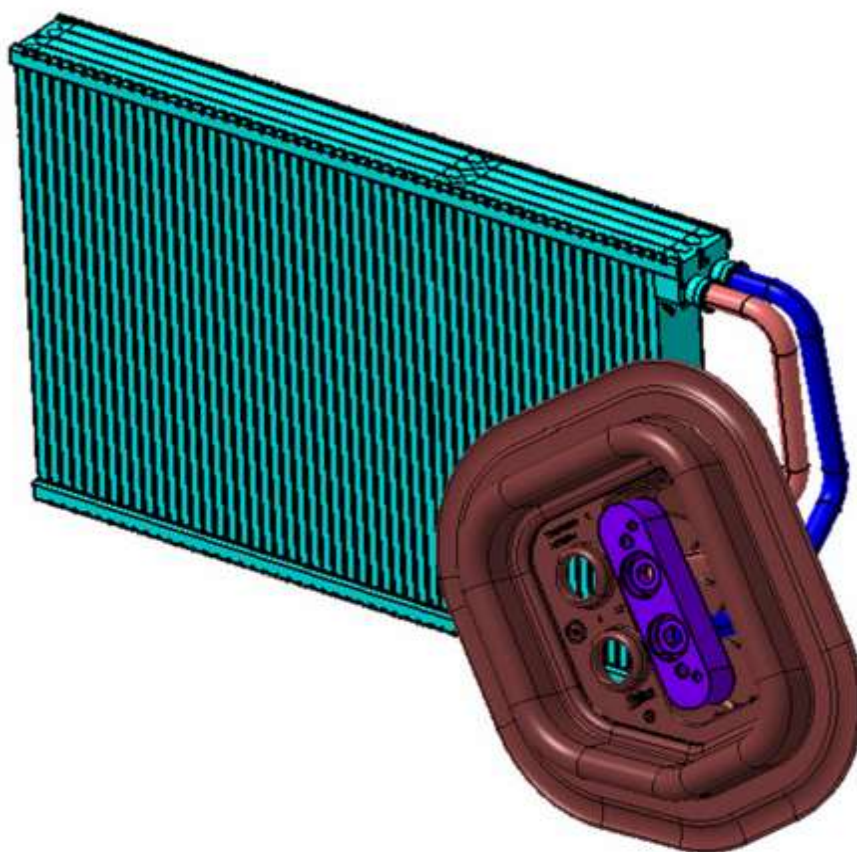


Obr. 1.2 Model výparníku bez trubek[2]

Návrh monobloku

Druhým z produktů, kterým se tato práce zabývá, je zákaznické připojení (monoblok), na *Obr. 1.3* je tento ventil zvýrazněn fialově. Na monobloku je z hlediska této

práce nejdůležitější vytvoření čárového kódu, který bude vytištěn na některé části konstrukce a bude obsahovat důležitá data pro zákazníka, jako například kdy byl celý výparník vyroben, jaký je to typ a podobně. To je důležité pro 100% traceabilitu(dohledatelnost) detailů výroby produktu v případě reklamace a to po dobu 10až15 let (dle zákaznického požadavku) od prodeje produktu.



Obr. 1.3Kompletní sestava výparníku plněným R744[2]

1.3 Teoretický úvod k laserové technologii

Pro zapisování čárového kódu na kov je potřeba vybrat vhodnou zapisovací metodu. Jedna z možností je použití laseru, kde je potřeba pro správný výběr zvážit všechny dostupné technologie a ekonomické parametry.

1.3.1 Princip laseru

Laser neboli kvantový generátor a zesilovač koherentního záření. Toto záření, které

je pro laser charakteristické, vzniká pokud všechny fotony mají stejnou vlnovou délku, nízkou rozbíhavost svazku a frekvenci.

Všechny typy laseru obsahují tři základní části – prostředí, zdroj a rezonátor. Prostředí zesiluje záření, zdroj toto prostředí excituje a rezonátor zajišťuje zpětnou vazbu mezi prostředím a zářením.

1.3.2 Rozdělení laserů

Existuje mnoho různých druhů laserů, jejichž základní princip je sice stejný, ale kvůli odlišnosti v konstrukci, technologii a použitých materiálech jednotlivých částí se liší hlavně vlnovou délkou, která má hlavní vliv na kvalitu řezání do různých typů materiálů.

1.3.2.1 Pevnolátkové lasery

Pevnolátkové lasery se vyznačují tím, že jejich aktivní prostředí je tvořeno pevnými krystalickými případně amorfními látkami dopovanými příměsími vhodných iontů. K zesilování pak dochází na elektronových přechodech iontů příměsí.

- *Rubínový laser* – Jeden z nejstarších, aktivní prostředí tvoří krystal rubínu – Al_2O_3 který je aktivován ionty Cr_3^+ a substituují ionty Al. Rubínový laser pracuje především v pulzním režimu a to ve vlnových délkách 692,9 nm a 694,3 nm. Rubínový laser jako typický představitel tříhladinových laserů, vyžaduje značný čerpací výkon a přítomnost chlazení z důvodu přehřívání krystalu a výbojky. Je vhodný především pro vrtání tvrdých materiálů, v současné době je nahrazován Nd:YAG lasery.[3]
- *Nd:YAG laser* – Aktivní prostředí tohoto laseru tvoří yttrito-hlinitý granát s aktivními ionty Nd^{3+} , zabudované do krystalické mřížky. Využíván je hlavně pro možnost kontinuálního režimu při vlnové délce 1,0648 μm . V tomto módu je ale kvůli velké přeměně energie na teplo nezbytné chlazení. Nejpoužívanější je především při svařování, vrtání a řezání. Tento typ začíná být opět hojně využíván kvůli nahrazování výbojek diodami, které mají větší účinnost i trvanlivost.[3]
- *Nd: sklo* – vlastnostmi velmi podobný Nd:YAG laseru, jeho aktivní prostředí tvoří sklo a je ho tedy mnohem jednodušší vyrobit. Dopované skelné materiály ale mají větší spektrální šířku emisí, než jsou u krystalických materiálů, je tedy nutno

používat větší množství rezonátorů.[3]

- Vlákňové lasery – nejvíce používaný typ. Jeho aktivní prostředím je optické vlákno dotované yterbiem, záření z mnoha laserových diod je do nich přiváděno přes optické spojky, které obsahují místo zrcadel Bragovské mřížky, tedy struktury vyrobené přímo v optických vláknech. Tento laser se vyznačuje především jednoduchostí, kvalitou, životností a nyní již velmi vysokou účinností (30-35%). Ty nejvýkonnější mohou dosahovat výkonu až 80 kW.[4]

1.3.2.2 Plynové lasery

Plynové lasery se díky homogenitě aktivního prostředí vyznačují vysokou účinností a nízkou rozbíhavostí laserového svazku. Plynové se nazývají podle plynné fáze aktivního prostředí, které pracuje převážně v kontinuálním režimu. Plynové lasery se dělí dle složení plynu, například: CO₂, He-Ne, dusíkové, excitované, argonové atd. Kromě CO₂laseru, který se používá i pro svařování a řezání, se plynové lasery používají tam, kde je potřeba hlavně velká přesnost a ne tak velké výkony, jako třeba v komunikaci, informačních technologiích a lékařství. [5]

1.3.2.3 Polovodičové lasery

Dnes nejspíše nerozšířenější lasery. Jako zdroj laserového paprsku se používá laserová dioda velmi malých rozměrů- To způsobuje velmi dobrou použitelnost téměř kdekoli ale také bohužel velkou rozbíhavost. Laserové diody jsou lehce proudově regulovatelné a používají se především ve výpočetní technice (zapisování na CD, DVD, optická komunikace...). Polovodiče používané v této kategorii jsou: GaAs, InGaAs, InGaAlAs, atd.[5]

2 Výběr technologií pro tisk čárového kódu

2.1 Požadavky na tisk čárového kódu

Nejprve bylo nutné si nadefinovat, co přesně bude čárový kód obsahovat, a to hlavně podle velikosti informace. Podle velikosti a čitelnosti se pak určijáký typ kódu bude možné použít.

2.1.1 Čárový kód na konektoru

Čárový kód na konektoru je pouze pro vnitropodnikové použití a je zde větší svoboda rozhodování co přesně bude obsahovat. První část kódu musí určovat typ reference bloku, z dostupných referencí půjde o 7 znaků, z toho dvě písmena a pět čísel. Dále se určí, který závod výparník vyrobil, která z linek blok tiskla, v kterém roce byl blok vyroben a pro snížení počtu pozic se bude datum určovat jako pořadí dne v roce, tedy 1-365. Zbývá už označit, v kterou hodinu se blok vyrobil, dva číselné znaky 0-24 a počítadlo, které zamezí, aby se při změně letního času na zimní nestalo, že vznikne duplicita. Z těchto požadavků vyplývá následující posloupnost:

RRRRRRRPLYYYDDHHCCCC

Tab. 2.1 Legenda pro obsah data matrixu konektoru

<i>Data</i>	<i>Popis</i>	<i>Příklady označení a rozsahů</i>
RRRRRRR	Reference	T12345B
P	Závod	P (Praha)
L	Linka	A až Z
YY	Rok	15 (rok výroby bloku)
DDD	Den	001 až 366
HH	Hodina	00 až 24
CCCC	Počítadlo	0001 až 9999

2.1.2 Čárový kód na monobloku

Tento kód je určený jako záložní kód pro zákazníka v případě ztráty nebo poškození finálního nalepovacího zákaznického štítku z Heliového testeru. Po konzultaci se zákazníkem je dohodnuta následující podoba:

RRRRRRRSLYYDDDHHCCCC

Tab. 2.2 Legenda pro obsah data matrixu monobloku.

Data	Popis	Příklady označení a rozsahů
RRRRRRR	Reference	T12345B
D	Dodavatel	V(Valeo)
L	Linka	L (LUCIE)
YY	Year	15 (rok výroby bloku)
DDD	Day	001 až 365
HH	Hour	00 až 24
CCCC	Counter	0001 až 9999

2.1.3 Typy čárových kódů

Pro správný výběr čárového kódu si nejprve představíme existující varianty, které jsou pro naši aplikaci přijatelné. Variace čárových kódů závisí na možnostech čtecího zařízení, které je již implementované na výstupu linky. Jedná se o kamerovou čtečku čárových kódů od KEYENCE a konkrétně typ SR-750 (popř. dražší varianta SR-1000 nutná při čtení v horších světelných podmínkách). Podle katalogového listu [6] je možné použít následující dva druhy kódů: 2D a barcode. Po nahlédnutí do specifikací obou skupin se výběr zúží pouze na 2D kódy, jelikož téměř všechny barcode neumožňují použití znaků a pokud ano, tak pouze v omezeném množství a mají nevhodné rozměry. 2D kódy naopak nabízí kompletní použití ASCII tabulky a pro zvýšení počtu znaků pouze stačí zvětšit rozlišení kódu. Na Obr. 1.3 jsou k vidění použitelné kódy: QR, MicroQR, Data Matrix (ECC200).

- QR – Dnes velmi hojně používaný kód v mnoha odvětvích jako reklama, časopisy, vizitky atd. Jeho velkou nevýhodou je velikost, nejmenší rozlišení je 21x21 bodů a

s dostupnými rozměry, kam se kód bude tisknout, by byl již těžko čitelný.[7]

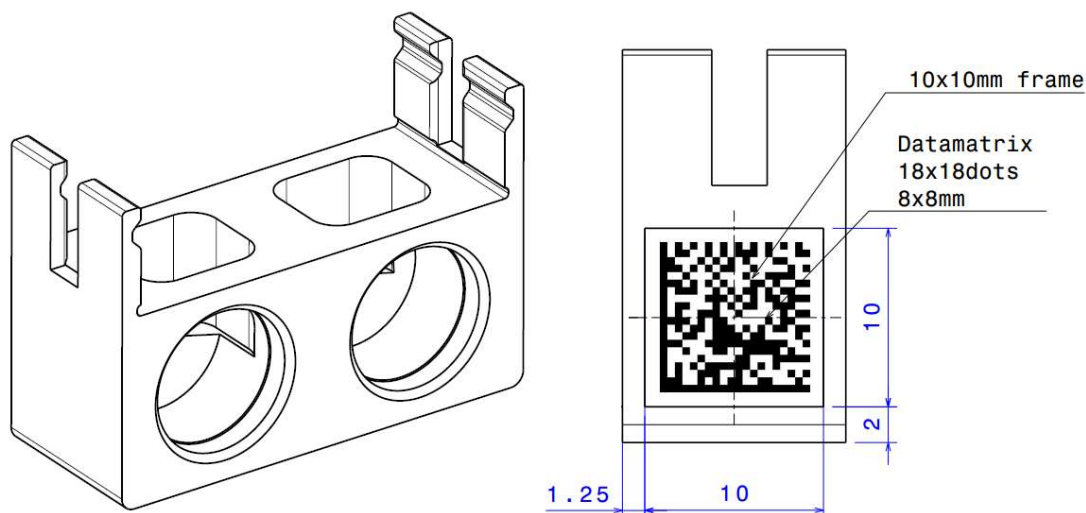
- MicroQR – menší podoba QR kódu, obsahuje pouze jeden rozpoznávací čtverec místo tří. Tato kompaktní podoba by ale v požadovaných rozměrech nevyhovovala v rozsahu dat.
- Data matrix – Ve světě používaný především pro malé komponenty v elektrotechnice, automobilovém průmyslu. Mezi jeho přednosti patří vysoká hustota dat a čtení i při nízkém kontrastu či částečném poškození. Všechny tyto přednosti Data matrixu jsou pro tuto aplikaci klíčové. Problém u značení na hliník je právě nízký kontrast a částečné poškození kódu jenedyhnutelné kvůli ruční manipulaci s produktem, pájení produktu při teplotách nad 600°C a nanášení speciální povrchové úpravy NTDS (speciální lak na redukci koroze a zápachu výparníku).



Obr. 2.1 typy čárových kódů – Zleva: QR, Micro QR a Data matrix

2.2 Výběr čárového kódu

Oblast kódu je podle Obr. 2.2 limitována velikostí 10 x 10 mm. Pozice kódu na pravé straně byla pečlivě vybrána z důvodu orientace bloku v jednotlivých strojích tak, aby instalace čtecích kamer byla konstrukčně možná bez větších investic, příznivá pro kvalitu čtení a orientaci kamery - ta bude při čtení data matrixu čočkou dolů a nebude se tak zanášet prachem.



Obr. 2.2 Pozice čárového kódu[2].

Rozlišovací schopnost kamery dovoluje velikost bodu 0,25 mm, na pole 10x10 mm lze tedy natisknout 2D čárový kód o velikosti 40x40 bodů [6]. Ze zkušeností s tiskem a čtení čárových kódů se ještě z důvodu vlivu nečistot z procesu pájení upraví na minimálně 0.5 mm na bod, tedy 20x20, pro větší pravděpodobnost přečtení

Pro takto stanovené rozměry a obsah kódu vyhovuje pouze typ datamatrix. Pro zadané proměnné v obsahu bude pole data matrix 18x18 bodů, což podmínkám vyhovuje a je zde ještě možnost v případě potřeby data matrix rozšířit o další 2 body na 20x20.

2.1 Výběr technologie tisku čárového kódu

Tisk čárového kódu je uskutečnitelný několika metodami, její výběr bude spočívat v návratnosti technologie a zejména zdali vytištěný kód vydrží čitelný i po průchodupájecím procesem. Čitelnost ovlivňuje hlavně kontrast kódu s pozadím jednotlivých buněk kódu, neboť materiál, na který se tiskne, je pro kameru relativně lesklý. Pro testování tohoto vlivu bude vytvořeno několik vzorků z inkoustové tiskárny, mikroúderu, laseru a laseru s natištěným bílým pozadím. Bílé pozadí je vytvořeno také laserem, kde se nejprve laserem odpaří první vrstva materiálu a pak se hlouběji do druhé vrstvy gravírují čtverečky data matrixu.

2.1.1 Inkoustová tiskárna

Inkoustové tiskárny, konkrétně stroje Markem IMAJE, neboli Inkjety jsou již v podniku hojně používané. Jedná se o speciální soustavu uzavřeného okruhu

inkoustu, který je v tiskové hlavě pomocí trysky stažen do úzkého paprsku inkoustu a pomocí krystalu na vyústění trysky je tento paprsek roztrhán do formy kapek letících vysokou rychlostí. Proud těchto kapek je v klidovém stavu směřován do odsávací trubičky na konci tiskové hlavy. Kapce je při opuštění trysky přidán náboj pomocinabíjecí elektrody a ta je pak elektrostaticky směřována při nulovém napětí do odsávací trubičky nebo zvyšováním napětí do tiskového okna. Tento tok kapek je nepřetržitý během celého provozu tiskárny. Tato metoda je osvědčená ale z důvodu zanášení odsávací trubičky způsobené otřesy stroje, polétavým prachem a vlivem špatného nastavení polohy trubičky je nutné relativně časté čištění hlavy. Nutnost doplňování provozních kapalin není nezanedbatelnou položkou. S ohledem na nespolehlivé ventilky uvnitř tiskové hlavy, které pravidelně zasychají při odstavení tiskárny, bylo nutno zavést opatření, že se tiskárny vůbec nevypínají, čímž značně vzrostla spotřeba ředidla, které během provozu odpařuje. Zanášení hlavy je nejčastější zejména v letních měsících kdy se inkoust v celém systému ohřeje a tiskárna podle nastaveného vzorce od výrobce začne inkoust více ředit ředidlem aby zabránila zasychání inkoustového okruhu, čímž změní viskozitu letících kapek. Větší viskozita ovlivní jejich dráhu letu tzn, že celkový rozměr data matrixu a velikost výsledných bodů kapek se mění a tím se ovlivňuje výsledná čitelnost kódu a dochází k rychlejšímu znečištění tiskové hlavy. Tato technologie má teplotní omezení od výrobce pro maximální teplotu 40 °C, což je v letních měsících často překračováno a stejné tiskárny musí být v našem závodě v Mexiku osazeny klimatizačními jednotkami. Velký přínos má v rychlosti tisku, požadovaný kód dokáže vytisknout do jedné vteřiny.

2.1.2 Mikroúder

Technologie mikroúderu spočívá v rychlých úderech hrotem z tvrdé oceli, vyvolaných pomocí elektrické energie nebo tlakového vzduchu. Úderem hrotu do plochy se materiál okolo dopadu vytlačí a vznikne tak kulatý bod. Jednotlivé obrazce jsou pak tvořeny pomocí dvou krokových motorů v osách X a Y. Mikroúder je vhodný pro značení široké škály materiálů od plastů, dřeva, po ocele vysokých tvrdostí.

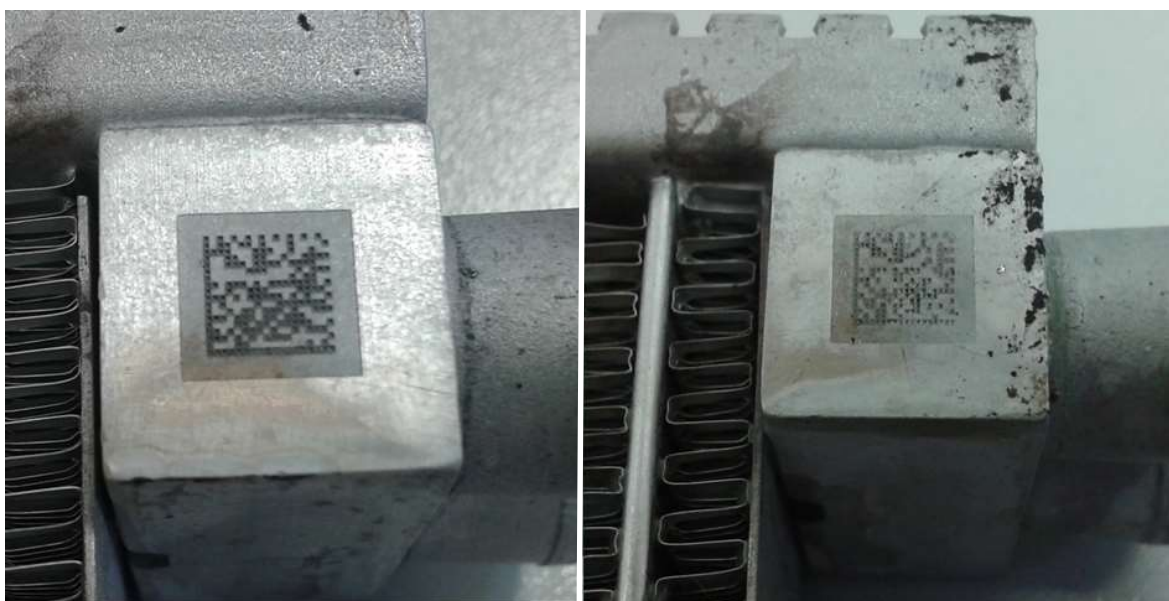
2.1.3 Laser

Vysvětlení technologie je v kapitole 1.3, prakticky použitelné jsou pro tuto aplikaci dva typy: Nd:YAG a vláknový laser. První cenové nabídky a obdržené vzorky ukazují více na vláknový typ, kvalita tisku je srovnatelná s Nd:YAG má ale větší životnost a

nevyžaduje žádnou náročnou údržbu. Výhodou vybraného vláknového laseru a laserů obecně je, že umožňují přesnější tisk a pravidelnou strukturu kódu. Hlavní výhodou je to, že jednotlivé body jsou pravidelné čtverce a ne tečky jako u tiskáren nebo mikroúderů. Laser také potřebuje v poměru s ostatními technologiemi minimální servis.

2.2 Test čitelnosti čárového kódu z laseru

Nejdůležitějším prvkem při výběru zapisovacího zařízení je, jak dobře půjde kód na konektor zapsat. Čárový kód prochází v pájecí peci teplotami přes 600 °C, a při předchozí operaci ručního nanášení tavidla dochází k potřísnění data matrixu a čitelnost je pak ještě mnohem horší. Pro tento test bylo připraveno a vyrobeno několik vzorků. Na Obr. 2.3 jsou vzorky bez jakékoliv úpravy, pravděpodobně tak jak budou vypadat v sériové výrobě. Kvalita těchto vzorků se podle kamery pohybuje kolem 93%.

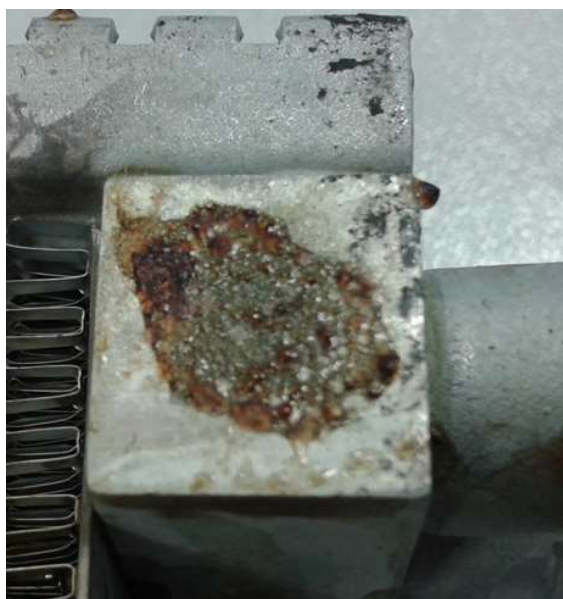


Obr. 2.3 Dva vzorky data matrixu po pájení bez úpravy

Pro případ velkých nečistot a následného nepřečtení je na Obr. 2.4 data matrix vyleštěn. Touto úpravou bylo zjištěno, že je možné takto vylepšovat kvalitu vzorku a zvýšit tak čitelnost. Na Obr. 2.5 je zobrazen kód pod nečistotou, která může odkápnout z odmašťovací komory. Tento vzorek ale bohužel nebyl k přečtení ani po vyleštění. Naštěstí odkapávání oleje v odmašťovací peci bylo mezitím odstraněno.



Obr. 2.4 Data matrix po pájení a vyleštění



Obr. 2.5 Data matrix pod vrstvou oleje

2.3 Návratnost laserové technologie

Návratnost jakékoliv investice na novou technologii by neměla překročit 1,2 roku a rozdíl mezi pořizovací cenou inkoustové tiskárny a laseru je markantní. Je tedy nutné zjistit, jestli je tato investice vůbec proveditelná. Ve výpočtu je nutné zohlednit pořizovací cenu,

náklady na provoz a podle zkušeností z jiných firem, kde laser funguje na rozdíl od tiskáren bez jakýchkoliv zásahů údržby, i náklady na servis (Tab. 2.3).

Tab. 2.3 Roční výpis servisních zásahů a jejich cen

OP1520130322	28.3.2013	10 694 Kč
OP1520130485	22.5.2013	8 715 Kč
OP1520130526	27. 5. 2013	17 475 Kč
OP1520130559	11. 6. 2013	13 110 Kč
OP1520130664	2. 7. 2013	12 128 Kč
OP1520130727	17. 7. 2013	25 257 Kč
OP1520130797	31. 7. 2013	18 298 Kč
OP1520130764	23. 8. 2013	26 752 Kč
Součet za 4 tiskárny		132 429 Kč
Průměr ročních nákladů za údržbu na jednu tiskárnu		33 107 Kč

Tab. 2.4 Tříměsíční výpis provozních nákladů na 4 inkoustové tiskárny

Název	litrů	cena / litr	Cena
Ketonovýčisticí prostředek 5100	25	290 Kč	7 250 Kč
Ketonovýinkoust	3,2	4 854 Kč	15 533 Kč
Ketonové ředidlo 8188	77,6	800 Kč	62 080 Kč

$$\frac{7250 + 15533 + 62080}{3 \times 4} \times 12 = 84\,863 \text{ Kč} \quad (2.1)$$

K ročním nákladům na jednu tiskárnu v rovnici ((2.1) připočteme roční náklady na údržbu, dohromady tedy 117 971 Kč. Cenová nabídka na laserový tisk obsahuje nutný roční servis optiky ve výši 15 000 Kč. Pořizovací cena inkoustové tiskárny je 197 000 Kč a cena 20W laseru který pravděpodobně bude stačit na naši aplikaci je podle nabídky 650 000 Kč.

$$\frac{650\,000 - 197\,000}{117\,971 - 15\,000} = 4,4 \text{ Roků} \quad (2.2)$$

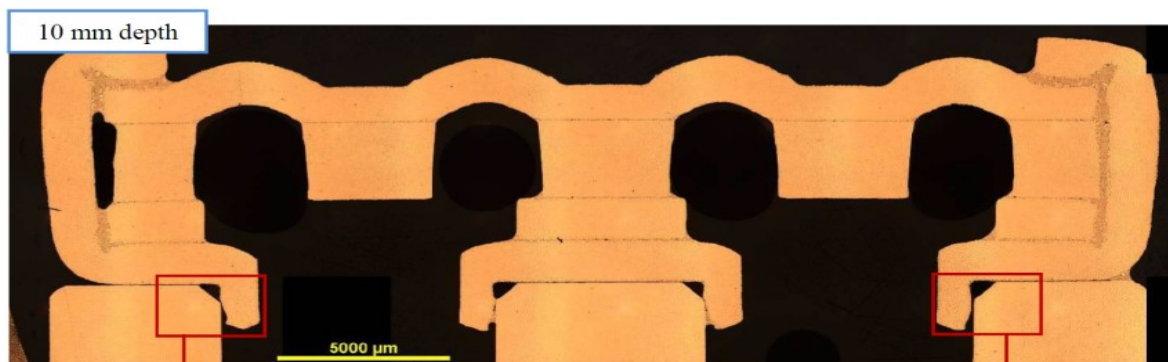
Rovnice (2.2) vyjadřuje návratnost investice do laseru 4,4 roků.

Nesplnili jsme požadovanou návratnost, ale laserovou tiskárnu se podařilo prosadit hlavně kvůli požadavkům kvality na traceabilitu procesu a zkušenosti ukázaly, že je velmi nespolehlivé číst datamatrix z inkoustových tiskáren fixně uložených dílů ve stroji, navíc které by prošly pecí.

3 Kvalita pájení a design konektoru

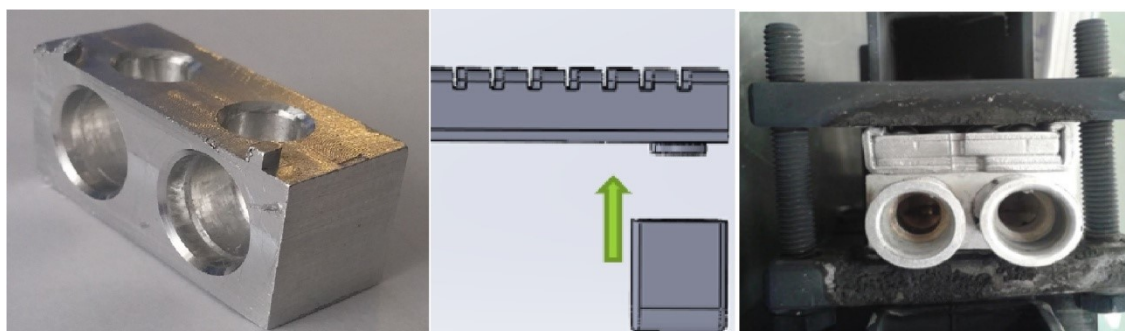
3.1 Design konektoru

Po několika špatných prototypových kusech, které měly únik pod konektorem, bylo nutné zvážit aktuální design. Na Obr. 3.1 je řez špatným kusem, červeně jsou vyznačeny špatně zapájené oblasti. V levé části obrázku je vidět, že otvor pro konektor byl v takové pozici, že se dokonce nezapájel plocha konektoru a clad se vůbec neroztekl do mezery. Na vině může být špatné zalisování ale i to, že protistrana (header) nebyla dostatečně plochá.



Obr. 3.1 Riziková oblast konektoru

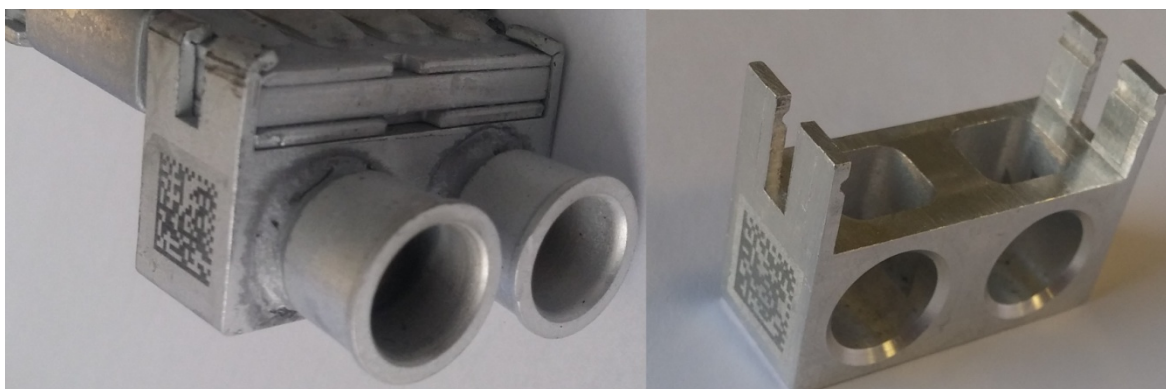
Na Obr. 3.2 je vidět starý design konektoru a jakým způsobem se upevňuje na nádržku. Tento princip vyžaduje, aby byl konektor po celou dobu pájení držen pájecími přípravky, které by v budoucnu musel na každý blok dávat operátor.



Obr. 3.2 Starý design konektoru a držení pájecími přípravky

Z důvodu rizika špatného zapájení, ušetření na výrobě pájecích přípravků a ušetření jednoho člověka, který by nasazoval pájecí přípravky, byl vyvinut nový design konektoru. Nový model zajišťuje správnou pozici konektoru na nádržce a zároveň není potřeba

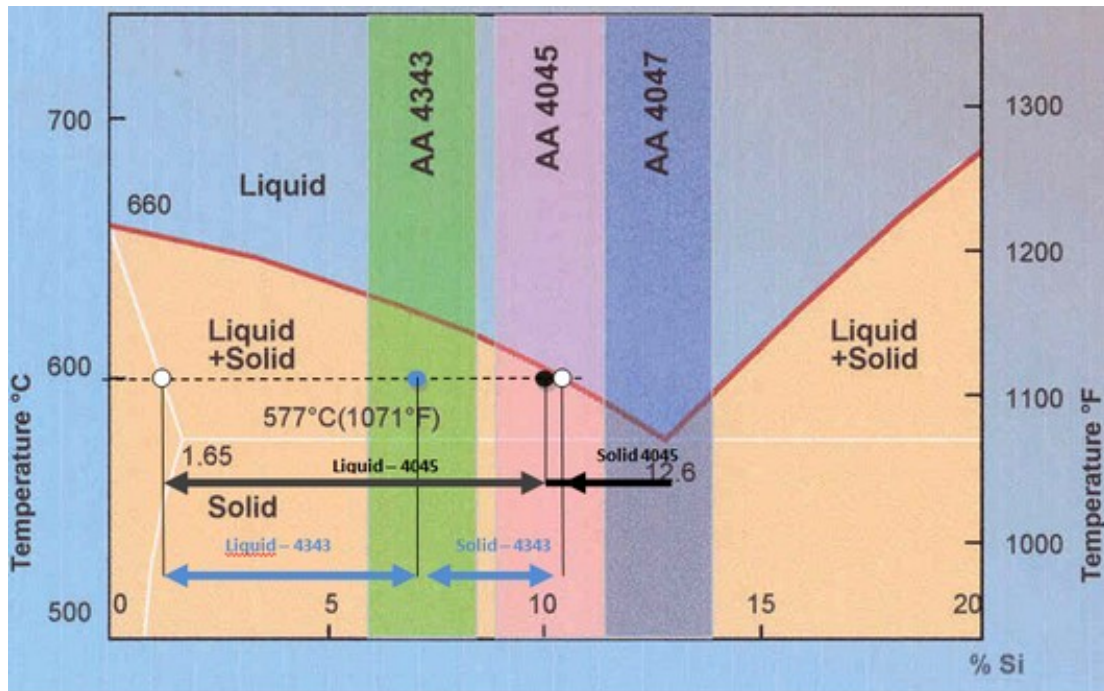
pájecích přípravků (Obr. 3.3). Také bylo možné upravit průřez děr. Dříve musely být kulaté, aby se mohl konektor zalisovat na header, nyní jsou čtvercové a umožňují tak větší průtok a tím nevzniká v tomto místě tak výrazná tlaková ztráta jak u prvního designu. Konektor se nyní lisuje přímo na komponent „distribution plate“, a ne na header, který je náchylný na prohnutí. Úspora, která vznikla díky nepotřebnosti výroby pájecích přípravků, je přibližně 300 000 korun a k tomu můžeme připočítat 400 000 korun ročně jako úsporu na pracovní síly. Navíc komponent header byl zkrácen a mohl tedy být použit header ze spodního tanku. Tím vznikly další úspory cca 370 000 Kč za uspořené rozdíly na výrobu dílu a náklady logistiky na nákup balení a uskladnění komponenty navíc.



Obr. 3.3 Nový model konektoru (vlevo nalisovaný na nádržce a s připravenými vývody)

3.2 Teorie pájení hliníku

Pro pochopení procesu pájení, je nejdříve důležité uvést aktuální používané materiály. Všechny komponenty, které budou spojeny procesem pájení, obsahují slabou vrstvu hliníku obohaceného o křemík (dále clad), tato vrstva silná 5% z celkové tloušťky materiálu se nanáší kombinací válcování za tepla a za studena, a využívá se jako pájka. Cladů je několik druhů, lišícími se různými hodnotami procentuálního obsahu křemíku. Obecně čím větší obsah křemíku, tím nižší pájecí teplota (Obr. 3.4). Nižší pájecí teplota cladu je důležitá pro to, aby se roztekla pouze pájka a nikoliv samotné hliníkové jádro a výparník tak držel tvar.



Obr. 3.4 Teploty potřebné pro roztavení cladu dle obsahu křemíku [převzato z [2]].

Aktuální používaný clad pro část, ke které se pájí konektor, obsahuje AA4045. Konektor není bohužel vyráběn z plechů obsahujících clad, ale je frézovaný a je zde možnost špatného zapájení s protistranou. Na konektor je nyní pouze nanášena vrstva tavidla, které má povrch očistit a odstranit oxidy kovů na povrchu. Fluorid hlinito-draselný, aktuálně používaný jako tavidlo, neobsahuje žádné upravující příměsi. V případě, že by tento typ tavidla nestačil, je v krajním případě možné použít ty, které příměsi obsahují.

3.3 Pájení konektoru

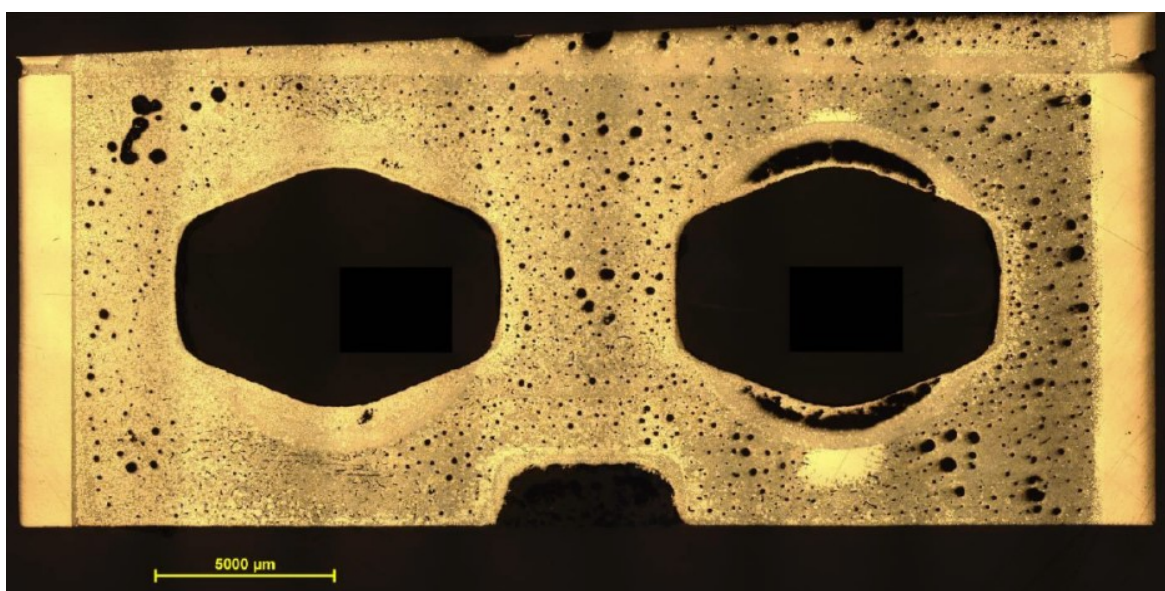
Samotné pájení probíhá v průjezdové peci při teplotách kolem 600 °C, v peci je uměle vytvořena dusíková atmosféra, která zabraňuje oxidaci produktu. Výparník před pájením nejdříve projede odmašťovací komorou, kde se při teplotách okolo 300 °C odpařuje tvářecí olej, tento krok je nutný pro odmaštění lamel, které hrají hlavní roli při teplosměnném procesu.

První testy na prototypch nových konektorů bohužel potvrdily hypotézu, že konektor bude při pájení rizikový faktor. Konektor sice držel připájený, ale při natlakování bloku héliem se ukázalo, že mezi konektorem a nádržkou jsou mikrotrhliny. Při plošném výbrusu pájecí strany byla odhalena vysoká porézitaspoje (Obr. 3.5).

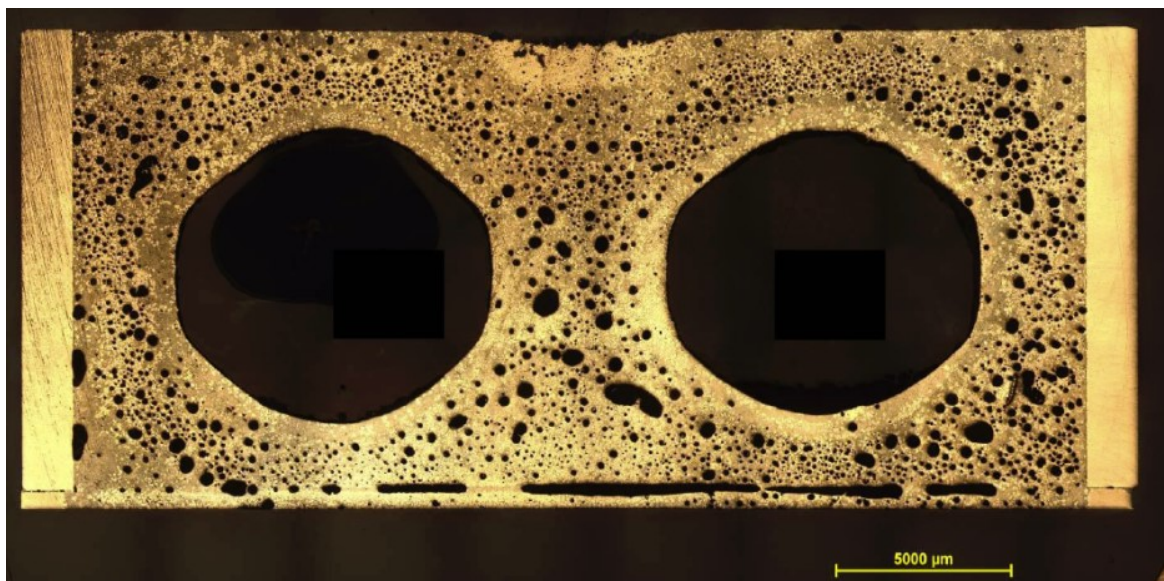


Obr. 3.5 Porezita pájeného spoje při použití tavidla bez příměsí

Pro odstranění poréznosti byla zvážena možnost použití tavidel s kovovými příměsemi, první z nich obsahující cesium nese označení 028/55CS2. Výběr tavidla s celsiem je z důvodu přítomnosti magnesia v materiálu konektoru, magnesium se zde používá kvůli zvýšení tvrdosti hliníku k usnadnění obrábění, z pohledu pájení je ale tato složka materiálu překážkou a cesium tuto složku odbourává. Druhé tavidlo je Nocolok 7028HCII, obsahující příměs cladu, který zajistí více pojícího materiálu ve spoji. První výsledky byly uspokojivé, lépe dopadl pájený spoj s tavidlem 028/55CS2 (Obr. 3.6) a hůře 7028HCII (Obr. 3.7), obě tyto varianty ale vyhovují.

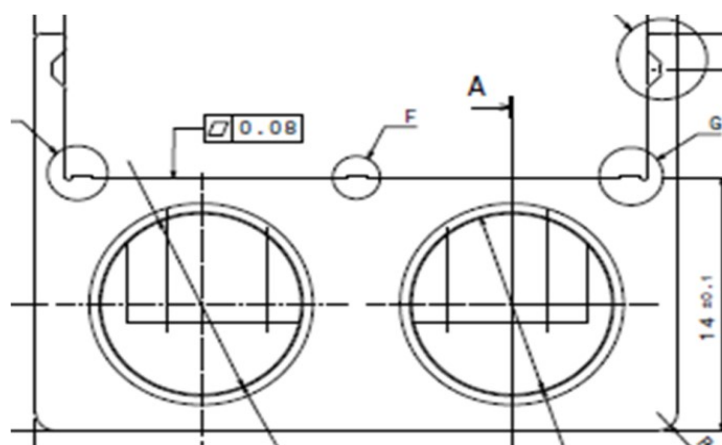


Obr. 3.6 Porezita pájeného spoje při použití cesia jako příměsí



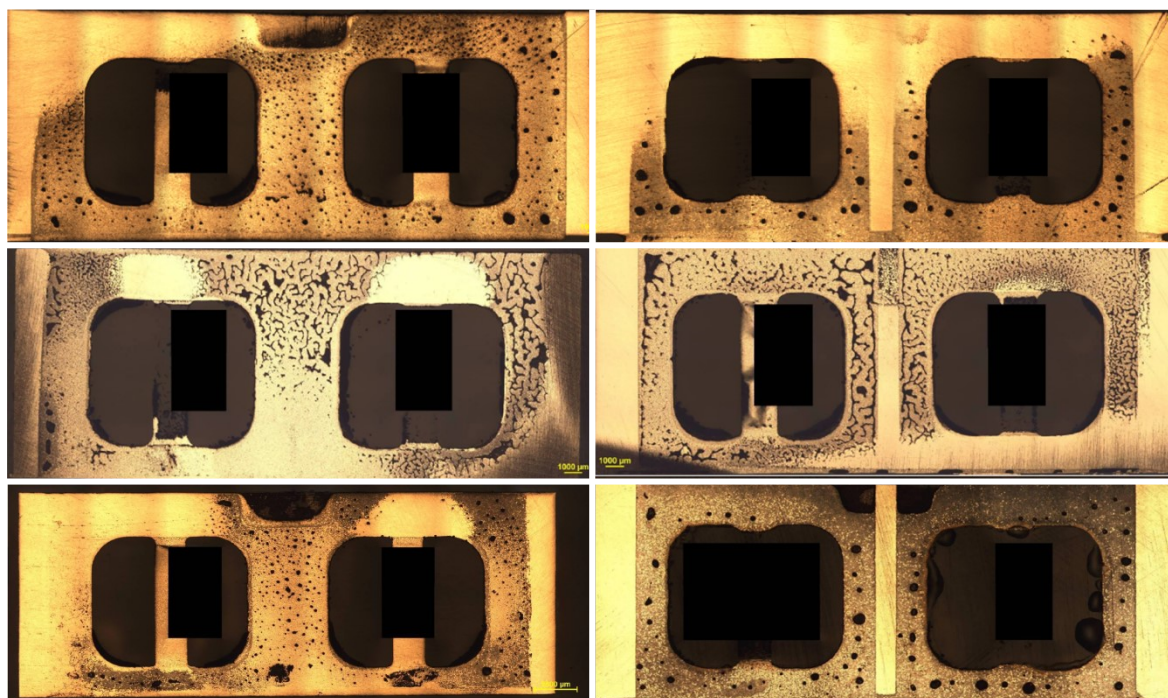
Obr. 3.7 Porezita pájeného spoje při použití hliníku jako příměsí

I přes uspokojivé výsledky kovových příměsí by použití zatím nesériového materiálu vyžadovalo velké investice, a to hlavně do stroje, který by nový typ tavidla nanášel. Z důvodu velkých potenciálních investic je ještě vyzkoušena změna pájecí plošky, a to vytvořením sloupků, které vytvoří malou mezeru mezi jednotlivými plochami (Obr. 3.8). Teorie je taková, že by se mohl clad lépe roztéci a nevytvořil by nezapájené cesty ale pouze bubliny.



Obr. 3.8 vytvoření sloupků na pájecí ploše

Pro objektivní porovnání a zjištění vlivu dalších faktorů byly ve stejný čas vyrobeny kusy, které obsahovaly oba typy konektorů a všechny typy tavidel. Výsledek byl překvapující (Obr. 3.9). Tento test odhalil, že zásadní vliv na kvalitu spoje má úplně jiný faktor. V první řadě jsou konektory, které byly pokryty tavidlem bez kovových příměsí a jejich výsledek je zde naprosto opačný tomu předchozímu – nejlepší. Naopak druhá řada, kde byl očekáván nejlepší výsledek, zde vyšel jako naprosto neuspokojivá.



Obr. 3.9 Porovnání porézności různých typů konektorů a tavidel. Levý sloupec jsou konektory bez distančních sloupků, v pravé s distančními sloupky. První řada s tavidlem bez příměsí, druhá řada s tavidlem s celsiem a třetí řada s tavidlema cladem.

Po bližším prozkoumání fotografií z testu bylo zjištěno, že chybu tohoto měření způsobily pájecí přípravky a největším faktorem pájení a kvality spoje je v tomto případě teplota. Laboratoř obsahuje několik sad prototypových pájecích přípravků. Některé starší, které jsou již zanesené sazemi a některé nové. Na testy, které vyšly špatně, byly použity nové přípravky a na testy, které vyšly dobře, byly použity ty znečištěné. Pro ověření této hypotézy bylo vytvořeno několik pájecích přípravků s různými povrchovými úpravami a poslány s teplotními sondami do pece ve stejný čas (Obr. 3.10). V příloze A je k vidění průběh teplot na konektorech (sonda 1 a 5) nových a pískovaných přípravků, v příloze B je pak vidět průběh teploty na přípravku, který byl nastříkán černým, matným a teplo vodivým sprejem. Teplotní mez pro rozhodování je 591 °C, při této teplotě má clad pouze tekutou fázi.

V grafech je na počátku průběhu zřejmé zakolísání, což označuje průjezd odmašťovací komorou zmíněnou na začátku této kapitoly.



Obr. 3.10 Bloky s různými pájecími přípravky

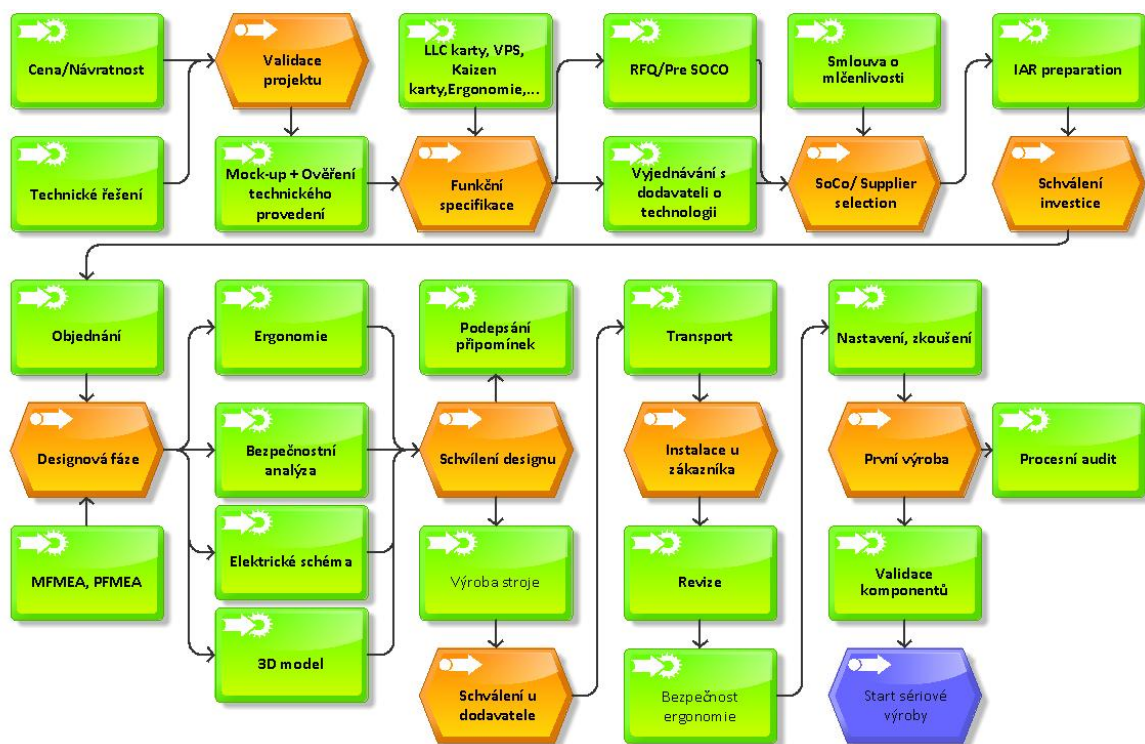
V případě nových přípravků byl konektor vystaven požadované teplotě pouze jednu minutu a padesát vteřin, u pískovaných tomu bylo o půl minuty déle a u přípravků se sprejem byl konektor vystaven správné teplotě celé 4 minuty, což je dvakrát více než u nových přípravků. Sondy zároveň potvrdily, že konektor je při pájení nejstudenější místo bloku a proto jsou u něj problémy s pájením.

Pro další pokračování je tedy možné použít stávající tavidlo a tím pádem ve stroji nebude potřeba speciální dávkovací zařízení.

4 Realizace výrobní linky

4.1 Určení základních prvků stroje

Po spočítání návratnosti a ověření technického řešení byl projekt schválen, přesunut do ověření provedení a dle procesního schématu (Obr. 4.1), podle kterého se budou řídit následující kroky, následuje funkční specifikace. Tento dokument má obsahovat vše potřebné pro to, aby si dodavatel mohl vytvořit představu co má stroj dělat.



Obr. 4.1 Procesní schéma pro zavedení nového stroje

4.1.1 Funkční specifikace

Funkční specifikace (Příloha C) obsahuje všechny náležitosti, které musí dodavatel splnit a za které nese zodpovědnost. V první řadě jsou to povinnosti dodavatele dodat stroj a všechno příslušenství i se softwarem, zajištění podpory při startu výroby, proškolení údržby, záruky, dodržení plánování a podobně. Plánovací část určuje, kdy a jaké části mají být dokončeny, aby se mohlo pokračovat do dalšího kroku. Nezbytnou součástí je také souhlas k mlčenlivosti, neboť dokument a přílohy obsahují citlivé informace. Po vysvětlení funkce stroje, následuje popis prostředí, kterému bude stroj vystaven. Zvláštní

pozornost se věnuje například otřesům, protože výrobní hala obsahuje několik lisů, které jsou velkým zdrojem vibrací.

Jedna ze tří velkých částí, které funkční specifikace popisuje, obsahuje kvalitativní požadavky na proces. Jsou zde vzaty v potaz všechny tolerance produktu, možnost jeho znečištění, nárazů při manipulaci, kontrolu správného založení a konformnosti balení.

V další části je podrobně vysvětleno jaké normy musí stroj splňovat, tzn., jakým způsobem musí být označeny kabely, jak má vypadat správná elektrická, pneumatická a výkresová dokumentace, jaká má být spolehlivost stroje měřená v MTTR, MTBF a TRP, jaké jsou nároky na senzory a upřednostňování již používaných dílů. Stroj také musí obsahovat počítadla a senzory musí být nastavitelné a označené jejich výchozí pozice.

Poslední část popisuje všechny fáze plánování a co k nim je povinen dodavatel dodat. První z nich je designová fáze, kdy musí dodavatel poslat hotovou dokumentaci k posouzení, než se stroj začne vyrábět. Druhá fáze probíhá návštěvou zákazníka u dodavatele. Po prohlédnutí hotového stroje se napraví ještě poslední připomínky. Poslední fáze je pak po instalaci u zákazníka, kdy se posoudí, zda byly splněny všechny body funkční specifikace.

4.1.2 Výběr hlavních kandidátů na dodavatele

Na rozeslané specifikace jsou přijaty cenové nabídky a na konzultaci s oslovenými firmami také návrhy řešení. Firmy ale jdou většinou tou nejjednodušší cestou a je nutné je optimalizovat pro co nejlevnější a nejlepší řešení.

Hlavní aspekt ve výběru technologie výrobní linky bude spočívat v tom, kolik kusů bude muset vyrobit za hodinu, díky této informaci pak bude možné určit kolik je potřeba času na vypálení data matrixu a kolik času zbývá na manipulaci s díly. Základním předpokladem je, že v případě maximálního využití všech výrobních linek je potřeba vyrábět 400 ks/h. Jeden kus ale znamená, že musí být vytištěný data matrix jak na konektoru, tak na monobloku. Nejnižší počet zápisů je tedy 800 za hodinu a to znamená, že na jeden data matrix je časové omezení 4,5 vteřiny.

Na Obr. 4.2 je vzorek, který dokazuje že 20W laser dokáže zapsat data matrix v minimální přípustné kvalitě do 2,5 vteřiny. Zbývají tedy pouhé dvě vteřiny na manipulaci. Při taktu 2 vteřiny na jeden kód ale není možné použít hojně využívané stanice, kde se otevřou dveře, vyndají se díly, vloží nové a teprve po zavření začne laser

psát. Nejvhodnější technologií se pro tento proces se zdá ta, která bude umožňovat vkládání a vykládání do části stanice, zatím co se v druhé části budou pálit dva kusy. Tímto vznikne prostor pro manipulaci celých 9 vteřin.

Budget na tento stroj je 850 000 Kč, velkou část z toho ale tvoří cena laseru, která se od různých firem pohybuje od 550 000 do 700 000. Zbývá tedy maximálně 300 000 Kč, které je možné využít na realizaci stroje. První cenové nabídky od jednotlivých firem byly poptány tak, že jediné na čem záleží, je celkový čas na jeden data matrix a to výše uvedené 4,5 vteřiny. Na tento čas byly vytvořené funkční specifikace rozeslány dodavatelům.

Všechny přijaté nabídky obsahovaly různé typy otočných stolů se servomotory řízenými ze samostatného PLC. Ceny ale vysoce převyšovaly maximální hranici, v jednom případě dokonce o dvojnásobek. Nastala tedy otázka, jak by se tento stroj dal zkonstruovat jinak. Po prostudování několika dokumentací laserů dodanými dodavateli se objevila možnost, že by stroj bylo možno řídit samotným laserem, který má omezené množství programovatelných vstupů a výstupů. Pro použití takto jednoduchého řízení je potřeba co největší omezení počtu vstupů a výstupů, většina pohybů by měla být vykonávána operátorem a veškerá kontrola založených dílů byla mechanická. Vyvstává tedy první podoba stroje, který by měl obsahovat dvě zakládací lůžka, které se budou střídát v zapisovací kabině, pro usnadnění pohybu operátora by neměly být otočné ale posuvné ze strany na stranu.

4.2 Výběr dodavatele

S výslednými specifikacemi se výběr dodavatelů omezil na dva, zbytek buď nedokázal vyrobit takto originální řešení, překročil požadovaný budget nebo jejich laser neměl možnost programovatelných vstupů a výstupů. Kvůli výběru mezi dodavateli, kteří splnili podmínky, byla vytvořena Tab. 4.1, uvádějící klady a zápory jejich nabídek.

Tab. 4.1 Porovnání cenových nabídek vybraných firem

<i>Jméno dodavatele</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Nabídka - jen laser	650 000 Kč	558 000 Kč
Odsávání	35 000 Kč	52 200
Cena stroje	180 000 Kč	120 000
Klimatizace	35 000 Kč	55 000 Kč
TUV audit	Vlastní - 0Kč	10 000 Kč
Kompletní cenová nabídka	900 000 Kč	800 200 Kč
PC	32 000 Kč	30 000 Kč
Výkon	20 W	20 W
Životnost	400 000 h	200000 h
Doba tisku	2,5 s	2,5 s
Kvalita datamatrixu	Výborná	Dostačující
Možné přepsání?	ANO - 10 sekund	ANO - 60 sekund
Velikost pole	110 x 110	100 x 100
Délka kabelu laserovací hlavy	1,5m / 3m	1.8m
Komunikace	RS323 /Ethernet	Ethernet
Dodací lhůta	6-8 týdnů	4-6 týdnů
Záruka	2 roky a 3 roky na zdroj	2 roky
Údržba	-	1/rok 8900,- (kalibrace, upgrade firmwaru, optimalizace, kontrola)
Servisní zákrok do 24 hodin od nahlášení závady.	(Minimum 5000) Výjezd technika 4.800,- Kč Doprava 11 Kč/km	(Minimum 650) Výjezd - 0,-Kč Doprava 17,5 Kč/km 15min - 350,- Kč.
Na panelu dodavatelů?	ANO	NE
Zkušenosti z jiných firem	Kladné	N/A

Po zvážení všech faktorů je vybrán dodavatel 1. Sice je dražší, ale má za stejný čas výrazně kvalitnější tisk (porovnání Obr. 4.2a Obr. 4.3) a větší možnosti ovládání z laseru. To je způsobeno hlavně tím, že si lasery stavějí sami a nedělají pouze překupníky, kteří ke koupenému laseru postaví stroj.



Obr. 4.2 Vypálený data matrix firmy 1 za 2,4 vteřiny.



Obr. 4.3 Vypálený data matrix firmy 2 za 2,4 vteřiny.

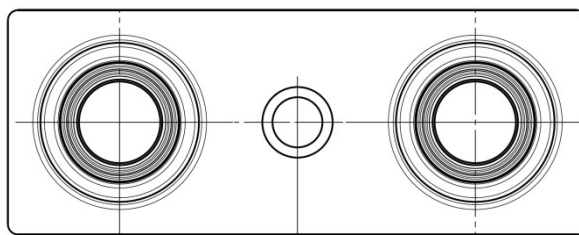
4.3 Designová fáze

Po objednání stroje nastává důležitá fáze, ve které se obě strany průběžně informují, jak projekt postupuje. Na straně zákazníka je to procesní FMEA a mean FMEA, a na straně dodavatele jsou to otázky týkající se ergonomie, bezpečnosti a aktuálního stavu projektu.

4.3.1 PFMEA

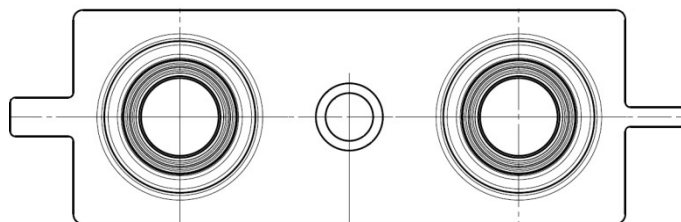
Výsledek setkání s projektovým auditorem kvality je dokument procesní FMEA. V tomto dokumentu jsou vytyčena všechna rizika v procesu, která by mohla poškodit produkt (Produktová FMEA) a u každé položky je stanoveno, jestli je riziko přijatelné, nebo jestli je nadkritické a musí se nějakým způsobem řešit.

Velký problém byl v tomto kroku fakt, že u monobloku (Obr. 4.4) není možnost zajistit správnou polohu založení, a to ani přidavnými senzory. Vždy by hrozilo riziko, že se data matrix natiskne na špatnou stranu



Obr. 4.4 Původní design expanzního ventilu

Upravená verze je k vidění na Obr. 4.5. Je navrhnutá tak, aby vyhovovala zákaznickým požadavkům na připojení a zároveň konstrukčně upravená tak, aby bylo nebylo možné monoblok otočit nebo převrátit při přípravě a zpracování v jednotlivých strojích. Toto opatření zajišťují rozdílně široké výběžky po stranách.



Obr. 4.5 Finální expanzního ventilu

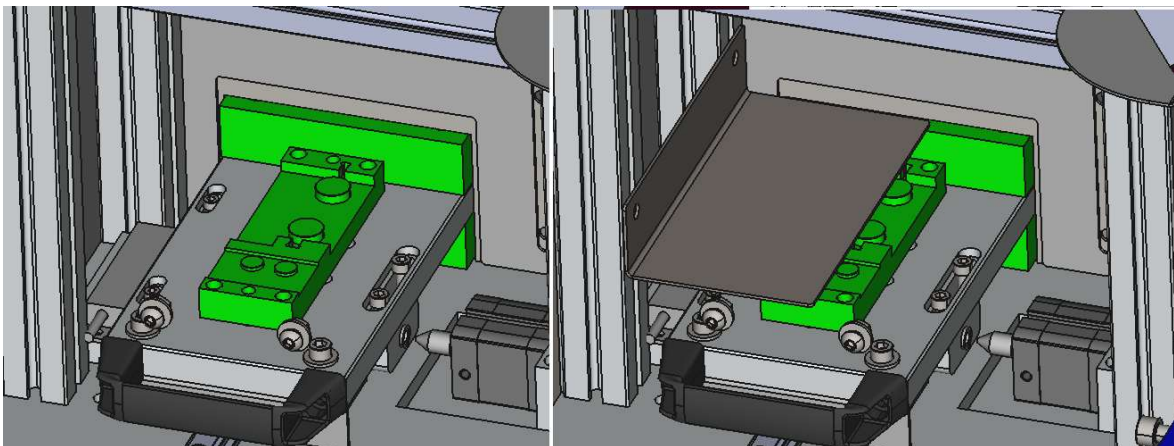
Další nadkritický problém představovalo riziko, kdy se data matrix špatně vypálí, operátor ho vizuální kontrolou schválí za vhodný a při výjezdu z pece se pak blok kvůli

špatnému kódu vyhodí. Ještě větší problém by pak nastal, kdyby se špatný data matrix vypálil na monoblok a tento kus by se pak dostal k zákazníkovi. Řešení tohoto problému spočívá v přidání čtečky čárových kódů na stroj (Obr. 4.6). Každé 4 hodiny nebo při změně verze pak operátor vyzkouší načtení konektoru.



Obr. 4.6 Čtečka čárových kódů

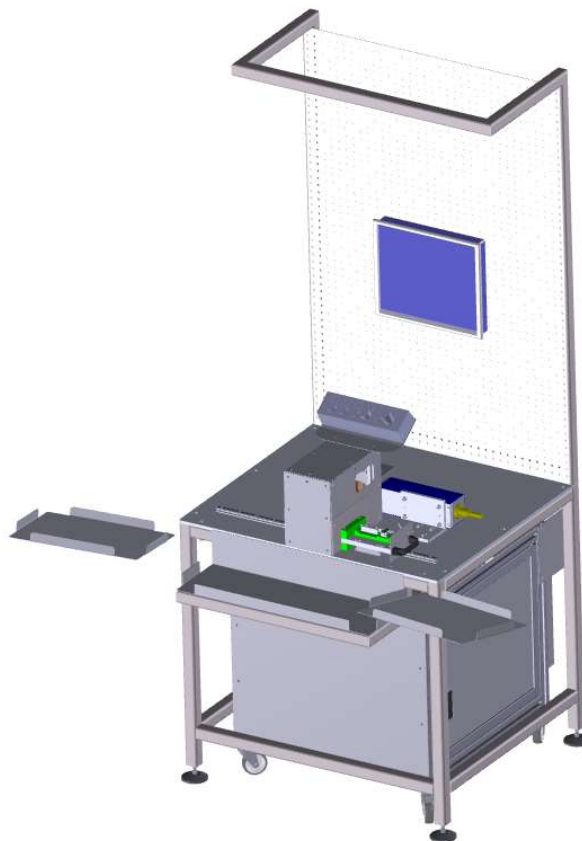
Hlavní příčinou špatně vypálených komponentů by mohlo být to, že by operátor po založení příliš rychle přesunul zakládací lůžko před laser a komponenty by mohly vyskočit ze své pozice. Data matrix by například sice byl vypálený ale už by nebyl přesně na svém místě. Z tohoto důvodu byla nad komponenty v laserovací kabině po celé délce dodatečně umístěna přepážka, která zamezí možnému pohybu (Obr. 4.7).



Obr. 4.7 Přepážka proti vyskočení komponentů[2]

4.3.2 MFMEA

Mean (Strojová) FMEA je vytvořena po zhodnocení manažerem údržby po zhlédnutí první podoby stroje ve 3D (Obr. 4.8). Obsahuje připomínky ke každému dílu soustavy, jakým způsobem se může porouchat, nač to bude mít vliv a jak těmto poruchám předcházet. Kritické díly jsou ty, které při rozbití zastaví výrobu, poškodí stroj nebo zraní operátora. Nejvíce namáhaný prvek této soustavy bude pravděpodobně lineární vedení. Z důvodu potenciální poruchy této komponenty a dalších několika senzorů a pístu byly předem vybrány typově stejné díly, jako jsou již používané na jiných strojích a jsou dostupné ve skladu náhradních dílů a připraveny nahradit ty nefunkční. V případě poruchy laseru byla s dodavatelem podepsaná servisní smlouva o tom, že je povinen do 24h od nahlášení závady chybu opravit nebo laser vyměnit. Kvůli možnosti poruchy počítače a laserového zdroje umístěných v rozvaděči zde byla umístěna klimatizace a pro případ výpadku elektřiny záložní zdroj UPS, který má za úkol udržet počítač funkční než dojde k jeho bezpečnému vypnutí



Obr. 4.8 Návrh dodavatele na podobu stroje[2]

4.3.3 Ergonomie

Po obdržení první podoby stroje ve 3D modelu (Obr. 1.3) je nyní potřebné zhodnocení, zda je stroj ve všech důležitých faktorech vyhovující. První z nich je ergonomická studie. Podle normy je nutné zaručit, aby operátor nedělal žádné pohyby, které by mu mohly častým opakováním způsobit újmu. Všechny pohyby operátora se ale dají těžce předvídat, proto byl pro tuto studii vytvořen stejně velký funkční model (Obr. 4.9), který byl optimalizován pro co nejpohodlnější pracovní prostředí.



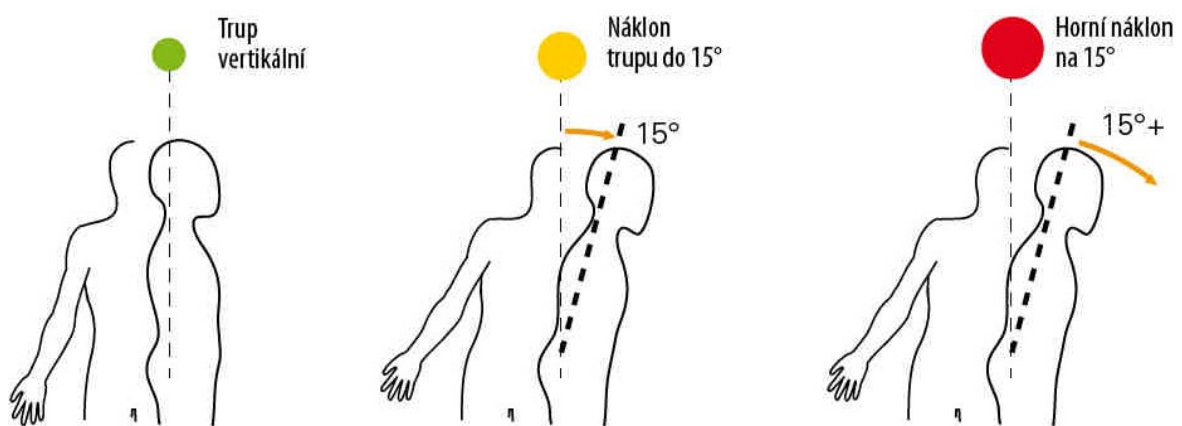
Obr. 4.9 Model pro ergonomickou studii



Obr. 4.10 Nastavitelné uchycení krabic

Přizváni byli lidé s různými proporcemi, aby byla zaručena univerzálnost. Pro velké rozdíly a malý pracovní prostor bylo rozhodnuto, že stojany na nové komponenty budou vertikálně i horizontálně nastavitelné (Obr. 4.10).

Při posouzení vhodného pracoviště se používá ergonomická norma. Ta posuzuje všechny pohyby, které operátor vykonává, ať v sedu nebo ve stoje. Příklad takového posouzení je na Obr. 4.11. Bere ohled i na silové zatížení jednotlivých částí těla a četnost opakování náročnějších pohybů. Jednotlivé body jsou ohodnoceny ve třech stupních nebezpečnosti.



Obr. 4.11 Posouzení rizika ohnutí trupu [2]

4.3.4 Úprava jednotlivých částí stroje

Po bližším prozkoumání 3D modelu a konzultaci s dodavatelem je nutné zajistit změnu některých částí stroje, které jsou dle PFMEA nebo selského rozumu buď nevyhovující, nebo se mohou vyřešit lépe.

- kabel od laserovací hlavy by byl dle modelu veden mimo stroj a jelikož jde o optické vlákno, mohl by se lehce poškodit manipulací. Dodavateli doporučeno, aby ho vedl jiným způsobem. Zároveň je doporučeno zakrytování kabelových propojek, které jsou vedeny ze zadní strany rozvaděče. Tato strana bude pravděpodobně umístěna v uličce a mohlo by dojít k poškození například projíždějícím vysokozdvížným vozíkem.



Obr. 4.12 Nové vyvedení kabelů a zabezpečení kabelovým žlabem

- Potrubí odsávání překáží na pracovním stole, ztěžuje tak úklid a dodržování 5S, řešení je vyvrtání díry do zadní stěny a vyvedení potrubí přímo.



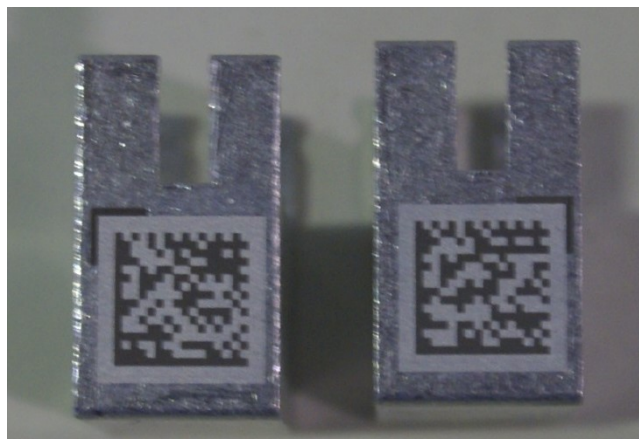
Obr. 4.13 Vyvedení odsávání přímo do zadní části stroje

- V Návrhu chybí nádoba na špatné kusy – dodatečné vytvoření stojanu pro krabici 400x300 ().



Obr. 4.14 Doplněný stojan s červenou bednou na odpad

- Na konektoru není poznat na jaký typ bloku půjde, v případě že by se tyto dvě verze popletly, hrozilo by že budou bloky opatřeny antibakteriální ochranou z druhé strany než má být. Existují pouze dvě reference a to levá a pravá, za tímto účelem byl k poli přidán vizuálně rozeznatelný znak, podle reference na levou nebo pravou stranu(Obr. 4.15).



Obr. 4.15 Data matrix s levou a pravou referencí

4.4 Převzetí stroje u dodavatele

Vše potřebné k převzetí stroje je uvedené ve funkčních specifikacích. Dodavatel je povinen dodat veškerou výkresovou dokumentaci, prohlášení o shodě, TPM knihu a návod. Na místě se zkontroluje, zda jsou splněny všechny dodatečné připomínky v rámci procesní

a mean FMEA a jestli stroj vyhovuje všem požadavkům funkční specifikace.

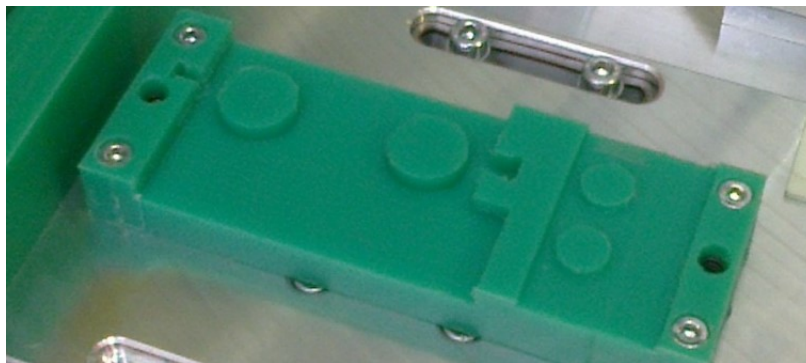
Při kontrole zakládacího stolu bylo zjištěno, že stůl má i po zajištění pístem velkou vůli a není tak možné dostat data matrix do tolerancí daných výkresem. Vůle byla způsobená tím, že válec použitý na zamykání stolu má velkou vůli v pístnici.

Navrhnuté řešení tohoto problému je vyrobení delšího pinu na zamykání. Část, která by nezajížděla do stolu, by byla vedena konstrukcí s otvorem stejného průměru, která bude připevněna na základnu stroje, úprava je k vidění na levé straně Obr. 4.16. Na obrázku je pouze dočasné řešení, než firma vyrobí kvalitnější díl, který bude mít místo drážky mosazné pouzdro se stejným průměrem jako pin na pístnici.

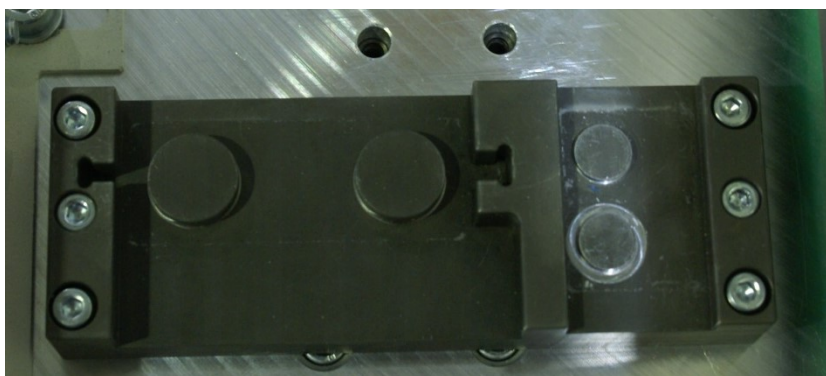


Obr. 4.16 Úprava zamykání stolu[2]

Další problém bylo lůžko na zakládání komponentů: Plánované lůžko bylo vyrobeno z Polyethylenu EHMW PE (Obr. 4.17), který by byl vhodný hlavně kvůli nízkému riziku poškození zákaznického připojení Monobloku. Tento materiál se ale ze zkušenosti výrazně obrušuje, nečistoty by pak mohly vniknout do výparníku nebo do pájecích plošek. To by mohlo způsobit zadření čerpadla a v případě úniku plnicího média dokonce smrt posádky. Jako náhradní řešení byla zvolena ocelová lůžka s nitrídací jako povrchovou úpravou (Obr. 4.18). Ta zajistí hladký povrch pro snadné nasazení a má nesrovnatelně větší odolnost proti opotřebení.



Obr. 4.17 Nevhodné lůžko z polyethylenu



Obr. 4.18 Ocelové lůžko s povrchovou úpravou.

4.5 Převzetí stoje u zákazníka

Před přivezením stroje je zajištěno potřebné připojení elektřiny s jističením a přívodem vzduchu na ovládání zamykání stolu. Při předávání dokumentace bylo zjištěno, že není platný TÜV audit, firma sice TÜV audit má, ale nemá právo tyto audity provádět, dodatečně tedy bylo zařízení zkontrolováno interním bezpečnostním auditorem a poté externím auditorem pro získání zmíněného mezinárodního bezpečnostního TÜV auditu.

Z důvodu více směn ve firmě několikrát proběhne školení údržby na ovládání a úpravu softwaru, který ovládá laser. Finální podoba stroje je k vidění v příloze C.

4.6 Pracovní instrukce a start sériové výroby

Poslední povinnost pro start sériové výroby je vytvoření pracovních instrukcí, které musí obsahovat veškeré postupy které musí operátor na stroji dodržovat:

1. Balení komponentů – směrnice ukazuje, kde se nachází jednotlivé stojany a jak se musí komponenty skládat do krabic, aby nedošlo k poškození (Obr. 4.19)
2. Obsluha laseru – obsahuje návod jak se laser zapíná, jakým způsobem se do něj

- musí zakládat komponenty a jak ovládat kameru na kontrolu správného vypálení data matrixu.
3. Popis stroje – popisuje jednotlivé části s ukázkami kde se nachází důležité prvky, jako tlačítka na ovládání, hlavní uzávěr vzduchu a stop tlačítko.
 4. Formulář předání pracoviště – vytvoření šablony, kterou musí vyplnit každá směna. Zapsáním údajů stvrzuje že byl stroj správně vyčištěn a komponenty byly z obou lůžek vyjmuty.
 5. Změna verze – Obsahuje návod, jak správně změnit referenci konektoru z levé na pravou.



Obr. 4.19 Správné balení jednotlivých komponentů po zapsání data matrixu

Start výroby (SOP) probíhá přesně dle plánování a je otestováno, zda stroj splňuje TRP, MTBF, MTTR a drží se stanovených limitů na odpad. Ve všech těchto aspektech byla kritéria splněna a stroj byl převzat.

Závěr

Hlavní náplní této práce byl projekt na zrealizování stroje, který tiskne čárový kód na hliníkové komponenty. Po stanovení dílčích cílů bylo rozvrženo plánování projektu a následně bylo nutné si určit jednotlivé technologie použité v procesu. Jako čárový kód byl dle vnitropodnikových a zákaznických nároků vybrán nejvhodnější typ data matrix. Pro tento typ kódu byly zhodnoceny a otestovány všechny dostupné technologie, které mohou tento ho mohou vytvořit na kovový materiál. Jako nejvhodnější typ byl vybrán vláknový laser, a to hlavně kvůli dobré čitelnosti i pro průchodu produktu pájecí pecí.

Vzhledem k časové náročnosti a potřebného množství některých analýz a testů bylo poměrně složité sjednotit jednotlivé části plánování. Z důvodu vzniku špatných prototypových vzorků vznikla potřeba měnit konstrukci konektoru a pozastavit se nad použitými materiály při pájení, což je část, se kterou se ze začátku nepočítalo. Díky tomuto kroku však vznikla úspora na procesu 700 000 Kč a navíc ročně 400 000 na pracovních silách.

Na základě výsledků z předchozích dvou částí byly vytvořeny funkční specifikace, se kterými pracovali potenciální dodavatelé technologie tisku. Po vybrání nejlepšího z nich byl stroj objednan a ve fázi konstruování společně vyvíjen pro nejlepší možný výstup, a to hlavně v ohledech na ergonomii, kvalitu a údržbu.

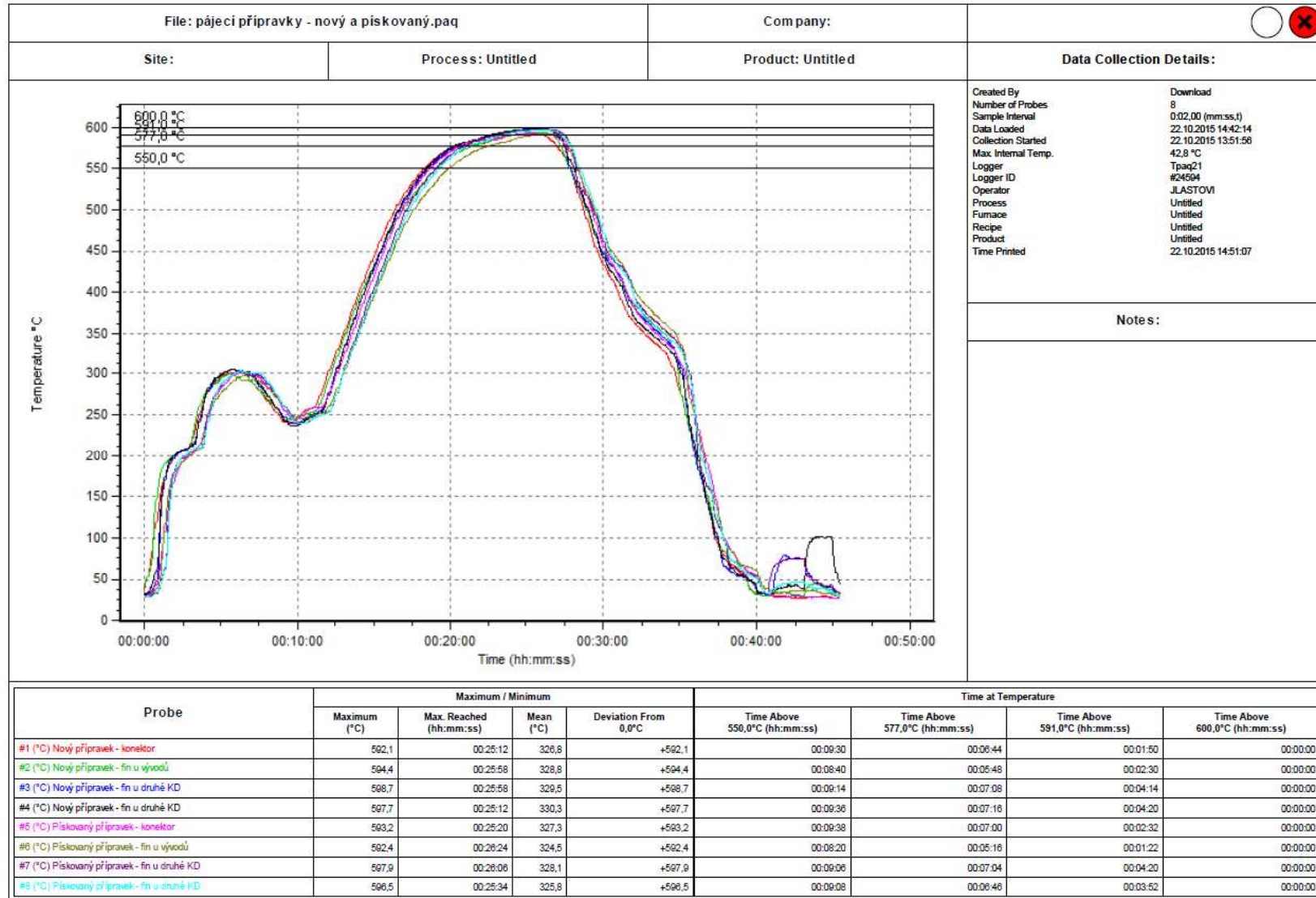
Po úspěšném zkonstruování a kontrole stroje byl dodavatel upozorněn na několik nedostatků, které obratem napravil. Předání stroje proběhlo úspěšně a rovněž tak bezpečnostní audit. Stroj v rámci testování splnil požadované nároky a byl puštěn do sériového provozu.

Seznam literatury a informačních zdrojů

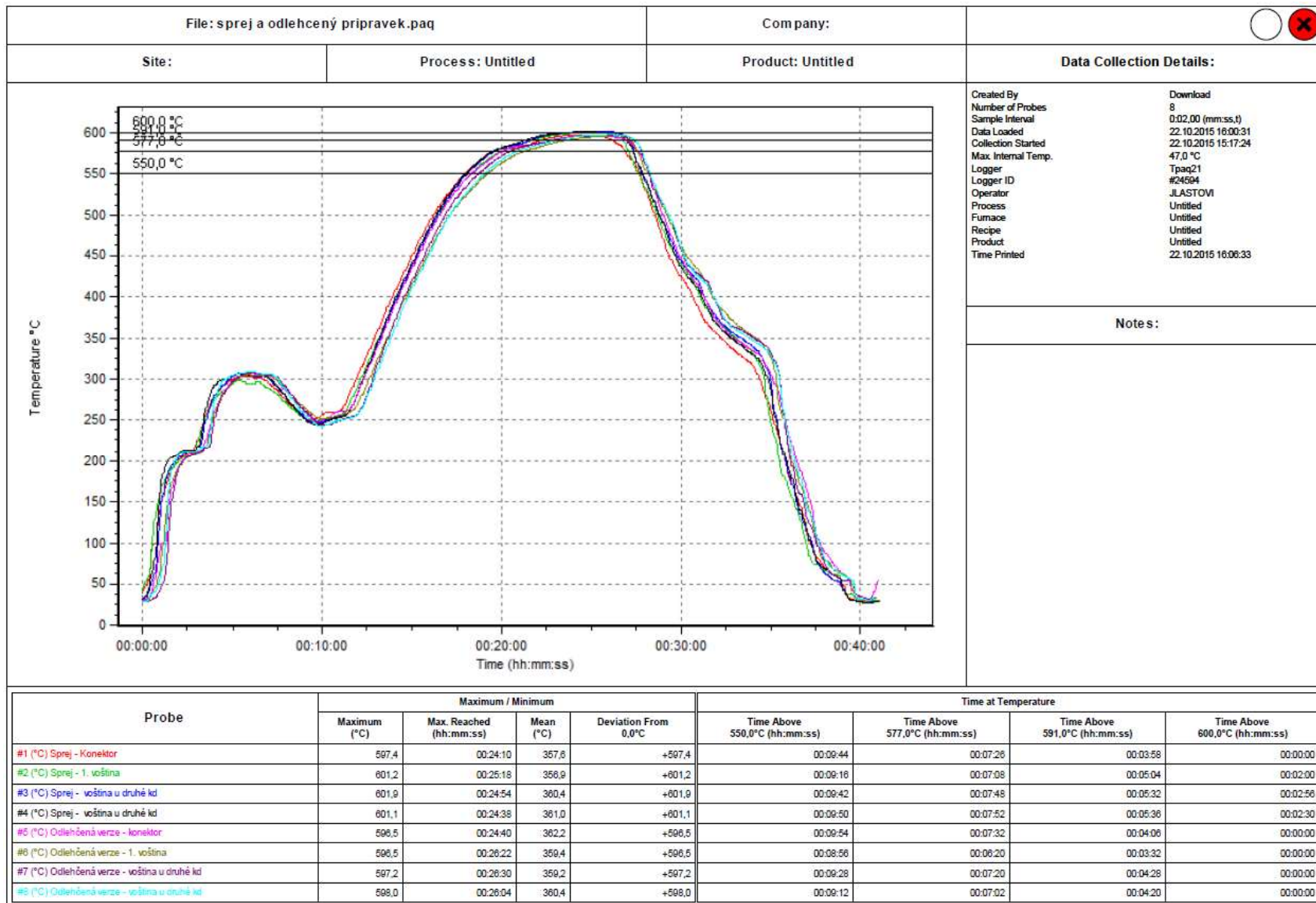
- [1] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/40/ES ze dne 17. května 2006 o emisích z klimatizačních systémů motorových vozidel a o změně směrnice Rady 70/156/EHS. In: *Úřední věstník L*, č. 92/25, s. 1. Dostupné také z: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32008R0307>>
- [2] Interní dokumentace firmy
- [3] ENGST, Pavel a Milan HORÁK. *Aplikace laserů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989.
- [4] KOŘÁN, Pavel Seriál na téma lasery – *Hlavní typy laserů používaných v průmyslu*[online] 2001 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z WWW:<<http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu-128>>
- [5] ION, John. *Laser processing of engineering materials*. 1. vyd. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005.
- [6] SR-750 Series Instruction Manual [online] [cit. 2016-05-09]. Dostupné z WWW: <http://www1.keyence.eu/services/download.php?file=sr_750_im_cz_kb.pdf&fs=SR-750&done=/products/barcode/barcode/sr750/sr750.php&lang=CZ>
- [7] *QR code*[online] [cit. 2016-05-09]. Dostupné z WWW: <https://en.wikipedia.org/wiki/QR_code#Risks>

Přílohy

Příloha A – Průběh teplot na různých pájecích přípravcích



Příloha B – Průběh teplot na přípravcích s teplovodivým sprejem



Příloha C – finální podoba stroje

