

Optimalizace technologického postupu výroby distributoru vzduchu řídicí jednotky

Martin Šíra

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Šíra**

Osobní číslo: **T15512**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace technologického postupu výroby distributoru vzduchu řídicí jednotky**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte teoretickou studii na dané téma**
- 2. Provedte zhodnocení současného stavu technologie výroby distributoru vzduchu řídicí jednotky**
- 3. Navrhněte optimalizované řešení technologického postupu**
- 4. Provedte kontrolní měření součásti po optimalizaci**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2017

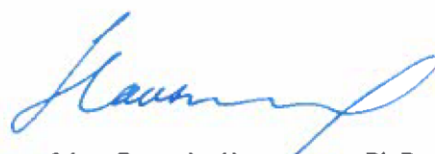
Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2017

Ve Zlíně dne 30. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 4.4.2014

Šira Martin

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem změny v procesu selektivního pájení. V teoretické části jsou představeny základní metody spojování materiálů, pájení a princip řídicí jednotky v pneumatickém systému sedadla.

V praktické části je vysvětlen princip selektivního pájení, řízení a regulace výšky vlny a dále se zabývá výběrem vhodného pájecího nástroje daného procesu.

Klíčová slova: Selektivní pájení, pájka, tavidlo, řídicí jednotka, teplotní profil, pájecí nástroj

ABSTRACT

This work deals with the design changes in the selective soldering process. In the theoretical part presents the basic methods of joining materials, soldering and principle of the control unit in the pneumatic system of the seat.

In the practical part is described the principle of selective soldering, control and regulation of soldering wave height and attempts propose an appropriate design of the soldering tool for the serial production.

Keywords: Selective soldering, solder, a flux, control unit, the temperature profile, the soldering tool

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D za odborné rady, informace, připomínky a trpělivost při zpracování této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 METODY SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ	12
1.1 PÁJENÍ.....	12
1.2 SVAŘOVÁNÍ.....	12
1.3 LEPENÍ	14
1.4 NÝTOVÁNÍ.....	15
2 PÁJENÍ	16
2.1 METALOGRAFIE PÁJENÉHO SPOJE	17
2.2 METODY PÁJENÍ	19
2.2.1 Měkké pájky.....	19
2.2.1.1. Měkké pájky cínové	19
2.2.1.2. Měkké pájky speciální.....	19
2.2.2 Měkké a tvrdé pájky pro lehké kovy.....	20
2.2.3 Tvrdé pájky	21
2.2.3.1 Pájky na bázi mědi	21
2.2.3.2 Pájky na bázi stříbra	22
2.2.3.3 Pájky na bázi niklu	22
2.2.3.4 Pájky na bázi železa	23
2.2.3.5 Pájky na bázi paladia.....	23
2.2.3.6 Pájky z drahých kovů	23
2.2.4 Pájení vlnou.....	23
2.2.5 Selektivní pájení.....	25
2.2.6 Pájení předehřevem.....	26
2.2.7 Pájení páječkou	27
2.3 TAVIDLO	29
3 PRINCIP ŘÍDICÍ JEDNOTKY V PNEUMATICKÉM SYSTÉMU SEDADLA	31
4 SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
5 NÁVRH OPTIMALIZACE VÝROBY ŘÍDICÍ JEDNOTKY DISTRIBUTORU VZDUCHU	35
5.1 SOUČASNÝ STAV TECHNOLOGIE VÝROBY V PROCESU SELEKTIVNÍHO PÁJENÍ	35
5.2 PRINCIP ŘÍDICÍHO SYSTÉMU SELEKTIVNÍHO PÁJENÍ	37
5.2.1 Funkce řízení výšky vlny pájecí slitiny a její regulace	39
5.3 TEPLOTNÍ PROFIL.....	41
5.4 SLOŽENÍ PÁJECÍ SLITINY	42
5.5 DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ	44
5.6 SOUČASNÝ STAV	46
5.7 NÁVRH PÁJECÍ TRYSKY PRO PÁJECÍ NÁSTROJ.....	49
5.7.1 Popis výroby pájecí trysky	50
5.7.2 Současná tryska	50
5.7.3 Varianta trysky 1	53

5.7.4	Varianta trysky 2	56
5.7.5	Varianta trysky 3	59
5.8	KONTROLNÍ MĚŘENÍ PÁJENÝCH SPOJŮ PŘI POUŽITÍ TRYSKY 2.....	62
ZÁVĚR		66
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		67
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		69
SEZNAM OBRÁZKŮ		70
SEZNAM TABULEK.....		72

ÚVOD

V průmyslové výrobě dlouhodobě zaznamenáváme obrovský rozmach nových technologií, kdy jsou původní stroje s ruční obsluhou nahrazovány výkonnými automatizovanými stroji s novou technologií. Samozřejmě je stále brán do úvahy fakt, že lidská síla je v některých zemích stále levnější, proto je původní manuální výroba zachována. Příkladem je např. stěhování výroby z Německa do Česka či některých východoevropských, středoamerických a východoasijských zemí.

Rozvoj je jak v úrovni automatizace procesu, konstrukčních materiálů, řídicích systémů, tak v oblasti lidských zdrojů s důrazem na zaškolení a zkušenosti techniků i jednotlivých obsluh strojů. To má za následek zrychlení výroby, snížení nákladů a vyšší finanční zisk.

Teoretická část práce má za účel stručně popsat metody spojování materiálu se zaměřením na proces pájení a stručně popsat funkci řídicí jednotky distributoru vzduchu.

Praktická část je věnována optimalizaci výroby distributoru vzduchu řídicí jednotky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 METODY SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ

Obecně lze rozdělit spojování materiálu na dvě skupiny. Rozebíratelné a nerozebíratelné spojování. Za **rozebíratelné spoje** lze považovat ty spoje, které lze demontovat bez nebo s použitím nástroje, aniž by došlo k poškození spojovaného materiálu (např. spojování pomocí šroubů, čepů nebo kolíků). Za **nerozebíratelné spoje** považujeme ty, které nelze rozebrat a opět složit, aniž by došlo k jejich poškození (např. pájení, svařování, lepení nebo nýtování).

1.1 Pájení

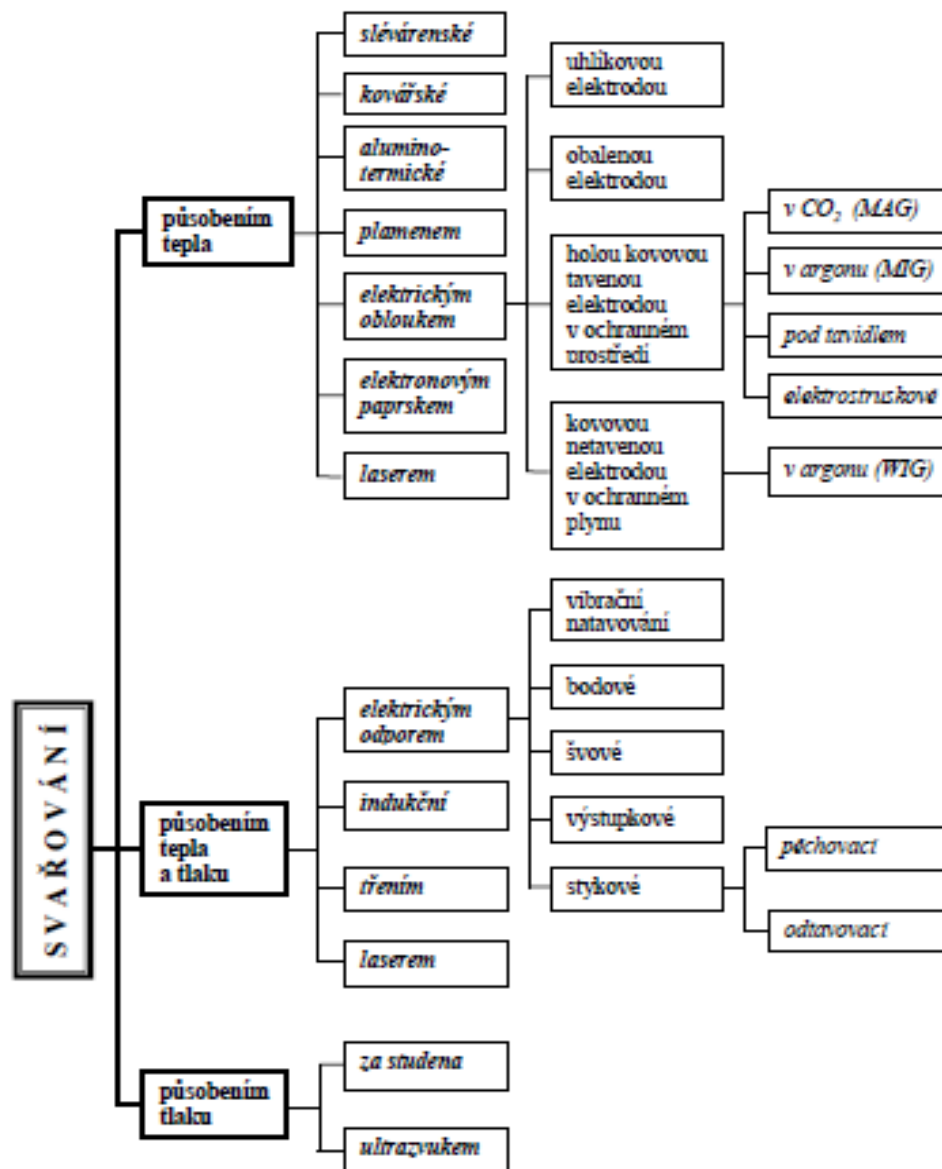
Pájení je definováno jako metalurgický proces, kterým vzniká nerozebíratelné spojení kovů stejného nebo rozdílného chemického složení pomocí roztavené slitiny – pájky. Pájené plochy nejsou natavené, ale smáčené roztavenou pájkou. Teplota tání pájky je vždy nižší než teplota základního kovu. [3] Spoj se vyznačuje malou pevností oproti svařování. Hluběji se budu zabývat pájením v kapitole 2 Pájení. [3]

1.2 Svařování

Svařování je nerozebíratelné spojení dvou součástí v jeden celek (svarek), za působení vysokých teplot a tlaku s použitím přídavného materiálu. Teplota je vyšší než tavná teplota materiálu. Svařovat lze jen svařitelné materiály. Tato metoda nahrazuje metodu nýtování.

Výhodou tohoto spojení je velká pevnost, trvanlivost a také těsnost. Svařované konstrukce jsou jednoduché a v porovnání např. s odlitky umožňují až 50 % úsporu materiálu.

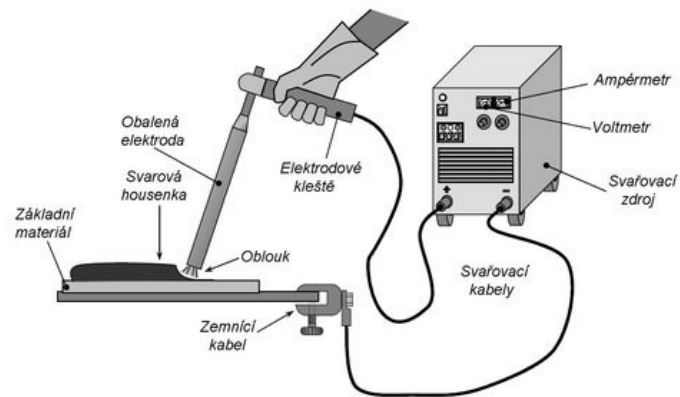
Nevýhodou je však nerozebíratelnost spojů, změna struktury, vznik vnitřních pnutí a deformací, popřípadě výskyt vnitřních vad materiálu. Pro realizaci je třeba kvalifikovaných pracovníků – techniků i dělníků. Svařování se používá téměř ve všech výrobních oborech a to jak při výrobě a kompletaci nových strojů a velkých konstrukčních celků – ocelových konstrukcí, tlakových nádob, kotlů, parních generátorů, jaderných reaktorů, mostů, lodí a jiných dopravních prostředků, tak i při opravách. Jeho rychlý rozvoj zejména v minulém století umožnil realizaci řady významných projektů – mezi jinými stavby kosmických lodí a jaderných reaktorů. Postupně bylo vyvinuto velké množství metod svařování a dalších jejich modifikací, z nichž mnohé mají široké použití, jiné jsou naopak vhodné pro zcela specifické účely. Přehled a rozdělení svařování zachycuje schéma na obr.1. [12]



Obr. 1. Příklad svařování [12]

Svařování za působení tepla je tavné svařování, při kterém dochází ke spojení lokálním (místním) natavením svarových ploch základních materiálů, aniž by se použilo tlaku nebo rázu. Obvykle se ještě používá přídavný materiál stejného nebo hodně podobného chemického složení jako má základní materiál.

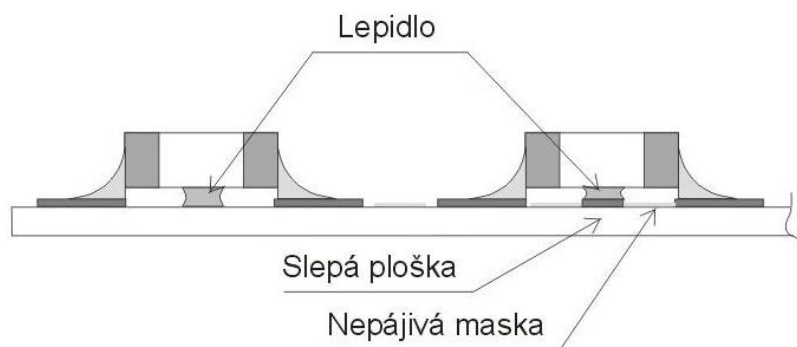
Při svařování působením tepla a tlaku dochází k natavení stykových ploch a vyvození potřebného tlaku, kterým nastane svaření. Nezáleží, jaký zdroj tepla se použije. Volí se takový, který nejlépe vyhovuje praktickým požadavkům. [12]



Obr. 2. Příklad svařování [17]

1.3 Lepení

Patří k rozvíjejícím se technologiím vodivého spojení součástek SMD a plošných spojů montážních desek. Elektricky vodivé lepidlo se nanáší na desky s plošnými spoji nebo součástky (případně na obojí) několika různými způsoby. Po automatickém osazování součástkami se montážní celek vytvrdí při teplotě 100 - 200°C. Tato technologie je z hlediska výrobního postupu výhodná, neboť odpadá až polovina jeho dílčích fází (nanášení lepidla na součástky je např. již integrovanou součástí osazovacího procesu. [5]



Obr. 3. Příklad lepení [18]

1.4 Nýtování

Nýtování je nerozebíratelné spojení dvou nebo několika strojních součástí. Nýt svírá spojené součásti tak, že tření mezi nimi a hlavami nýtů zabraňuje jejich vzájemnému posunu. Nýtové spoje máme pevné, pevné a nepropustné, nepropustné a stahové. Pevné spoje se uplatňují při konstrukci mostů, rámu vozidel, stožárů a dalších konstrukcí. U pevných a nepropustných spojů se vyžaduje pevnost i těsnost spoje. Používají se při výrobě kotlů a nádrží. Nepropustné spoje musí splňovat těsnost a zabránit úniku media (kapalina, plyn, pára). Používají se u výroby otevřených nádrží, sudů a komínů. Stahové spoje mají funkci stahovat tenké plechy, např. plášťů letadel, automobilů, strojů aj.



Obr. 4. Příklad nýtového spoje [19]

2 PÁJENÍ

Metodu pájení, tedy spojování za tepla, znali už staří Egypťané. Na našem území se objevuje v období Velkomoravské říše v období druhé poloviny devátého století především při výrobě šperků. Až do roku 1930 následuje rozsáhlé rozšíření této metody do průmyslové výroby. K optimálním konstrukčním a technologickým podmínkám V. Ruža uvádí, že: původně převládal názor, že pájení vyžaduje jen manuální zručnost dílenského pracovníka. Avšak neúspěchy, které se vyskytly při zavádění pájení do výroby v důsledku nedodržení optimálních konstrukčních a technologických podmínek, způsobily jeho pomalé průmyslové uplatnění i v případech, kdy pájení bylo ze všech způsobů nejekonomičtější. Proto se teprve až v posledních 10 letech systematicky zpracovávají všechny poznatky o pájení po vědecké stránce, což umožňuje jeho spolehlivé použití ve všech oblastech průmyslové výroby. [1]

Pájení poskytuje v mnohých případech proti svařování klasickými metodami (plamen, el. oblouk) řadu technickoekonomických výhod, které vyplývají přímo z vlastní podstaty tohoto technologického způsobu. Při pájení totiž nenastává v místě spoje roztavení základních spojovacích materiálů, ale pouze jejich ohřátí asi na 50 °C nad likvidus použité pájky. Teplota pájení je tedy podstatně nižší, než je teplota pájení (tání) spojovaných materiálů. Spojení nastává nejčastěji v důsledku vzájemné difúze a rozpustnosti pájky a základních materiálů. [1]

Pájení je definováno jako způsob metalurgického spojování kovových součástí roztavenou pájkou, přičemž pájené plochy nejsou nataveny, ale jen smáčeny použitou pájkou. [1]

Podmínky pájení:

- Smáčivost spojovaného materiálu tekutou pájkou (tavidlem)
- Roztékavost tekuté pájky (tavidla)
- Vzlínavost tekuté pájky

Smáčivost definujeme jako schopnost tekuté pájky (tavidla) přilnout k čistému povrch spojovaného materiálu při určité teplotě. [1]

Naproti tomu roztékavost je schopnost tekuté pájky (tavidla) roztéci se při určité teplotě po vodorovném povrchu základního materiálu.

Vzlínavost je schopnost tekuté pájky vyplnit při pracovní teplotě úzkou mezeru spoje působením kapilárních sil. [1]

2.1 Metalografie pájeného spoje

Metalografie je nauka, která pojednává o vnitřní stavbě kovu a slitin. Jejím cílem je zviditelnění struktury materiálu a následné studium pomocí optického či elektronového mikroskopu. [13]

Metalografie umožňuje:

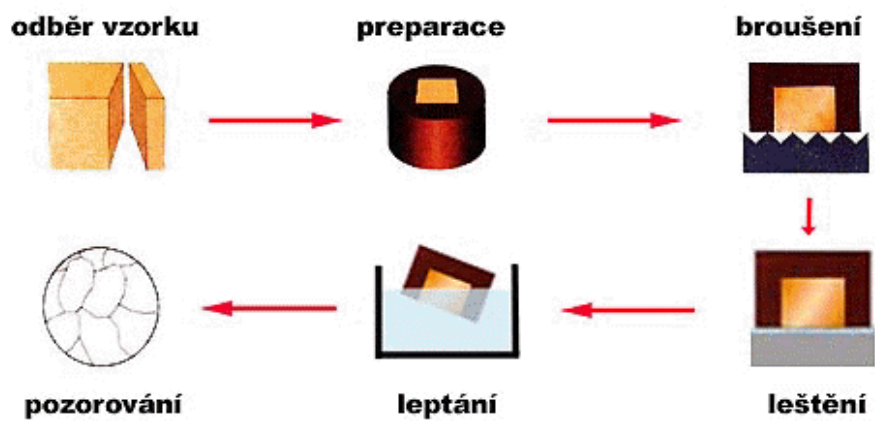
- zjišťovat souvislosti mezi strukturou materiálu a jeho vlastnostmi [13]
- sledovat a kontrolovat vlastnosti materiálu při jeho výrobě a zpracování (průběžná mezioperační kontrola) [13]
- hledat příčiny vad materiálu nevyhovujících výrobků nebo vysvětlit důvody selhání nějakého zařízení [13]

Kovy a jejich slitiny jsou materiály neprůhledné a k jejich pozorování používáme optické mikroskopy v režimu odrazu (kvůli optimálním podmínkám si připravujeme plochy dokonale hladké a rovné). [13]

Postup výroby vzorku pro pozorování metalografického výbrusu:

- odběr vzorku
- preparace vzorku (pouze u některých vzorků)
- broušení
- leštění
- leptání

Jednoduché schéma postupu je na obrázku 5. Každý z uvedených kroků velmi výrazně ovlivňuje kvalitu výsledného metalografického výbrusu, a proto se preciznost provedení každého kroku projeví na budoucích možnostech pozorování vzorku. V případě, že při zkoumání vzorku dochází k jeho nabíjení, provádí se zvodivění povrchu vzorku napařením uhlíku. [13]



Obr. 5. Postup výroby vzorku [13]

2.2 Metody pájení

Na vzájemné spojování kovů se používají různé metody, které se od sebe liší především způsobem a rychlostí ohřevu pájeného místa. Tento ohřev může být jen v oblasti pájeného spoje, tj. místní, nebo ohřev celého objemu součástí. [1]

Všeobecně se pájky rozdělují podle teploty tavení na dvě hlavní skupiny:

- Měkké pájky (teplota tavení je nižší než 450 °C)
- Tvrdé pájky (teplota tavení je vyšší než 450 °C) [1]

2.2.1 Měkké pájky

Měkké pájky se vyznačují především nízkou pracovní teplotou a zároveň i malou pevností. Proto se používají pro takové spoje, které nejsou pevnostně a teplotně namáhány. Měkké pájky jsou slitiny těžkých kovů, které se taví při nízkých teplotách, např. Sn, Pb, Cd, Sb a Bi. Do skupiny měkkých pájek patří: [1]

- Cínové pájky
- Speciální pájky

2.2.1.1. Měkké pájky cínové

Cínové pájky jsou slitiny cínu a olova s pracovní teplotou 190 – 350 °C. Cín je v těchto pájkách aktivní složkou a působí dobrou smáčivost. Obsah cínu v podstatné míře ovlivňuje kvalitu pájení. Naproti tomu olovo má špatnou smáčivost a se základním materiálem metalurgicky nereaguje. Stačí však malá přísada cínu (min. 3 %), popř. jiného vhodného prvku (povrchově aktivního, např. Sb apod.), aby se podstatně zlepšily pájecí vlastnosti pájky. Obsah cínu je u cínových pájek v rozmezí 4 – 90 %. [1]

2.2.1.2. Měkké pájky speciální

V praxi je třeba někdy použít pájek, které splňují zvláštní podmínky, ať již jde o ekonomické, hygienické nebo protikorozi požadavky, použití při zvýšené, popř. kryogenické teplotě, nebo když je požadováno malé rozpouštění spojovaného materiálu použitou pájkou. Pro použití v potravinářském průmyslu nejsou vhodné pájky obsahující olovo. Pro

tento účel jsou nejvýhodnější pájky na bázi Sn – Ag. Přidáním stříbra bráníme rozpouštění stříbrných a postříbřených výrobků při pájení. Stříbro udržuje dobrou pevnost, zlepšuje smáčivost a roztékavost, zvyšuje elektrickou vodivost a snižuje teplotu tavení pájky. Podobný účinek má i měď, která se také přidává do cínové pájky. Brání rozpouštění měděného pájedla, čímž značně prodlužuje jeho životnost. Rozpustnost základního materiálu je závislá také na výši pájecí teploty.

Do skupiny speciálních pájek patří také pájky s nízkou teplotou tání, tj. s pracovní teplotou 120 – 180 °C. Používají se na pájení postříbřené keramiky, tištěných obvodů. Některé typy pájek bývají ještě legovány Ag, resp. Cu. Sem patří i „modelovací“ pájky používané při výrobě karosérií osobních automobilů, jimiž se opravují drobné tvarové nedostatky svařované karosérie. [1]

2.2.2 Měkké a tvrdé pájky pro lehké kovy

Rozdílné je pájení lehkých kovů jako Al, Mg, Ti a jejich slitiny. Hlavním požadavkem pro pájení hliníku je vznik prolínavých mezivrstev pájeného spoje a dobrá korozní rezistence spoje.

Rozdělení měkkých pájek pro hliník:

- Nízkoteplotní pájky (teplota tání do 270 °C) – pájka může obsahovat jen minimální množství kovů s vyšší teplotou tání
- Středněteplotní pájky (teplota tání 270 – 400 °C) – obsahují min. množství kovů s vyšší teplotou tání, ale mají vyšší obsah zinku
- Vysokoteplotní pájky (teplota tání 400 - 500 °C) – založeny na bázi zinku, legujícími prvky jsou kovy s vyšší teplotou tání

Rozdělení tvrdých pájek:

- Pro hliník – založeny především na bázi Al – Si
- Pro hořčíkové slitiny - založeny na bázi Mg – Al – Zn – Cd (Be)
- Pro titan – pájky z čistého Al, Ag a jejich slitin [1]

2.2.3 Tvrdé pájky

Používají se pro spoje, které jsou vystaveny vyššímu mechanickému namáhání při teplotě +20 °C. Hlavními komponenty jsou běžné nebo drahé kovy. [1]

- na bázi Cu
- na bázi Ag
- na bázi Ni
- na bázi železa
- na bázi paladia
- pájka z drahých kovů

2.2.3.1 Pájky na bázi mědi

Jsou vhodné pro pájení železných a neželezných kovů s teplotou tání nad 1000 °C.

Pájka E - Cu (z čisté mědi)

Pracovní teplota pájení je okolo 1150 °C. Používají se pro kapilární pájení vysokotavitelných materiálů, např. ocel, nikl. Vyrábí se ve formě drátu, pásku, pasty a fólii. [1]

Pájka Cu - P10

Pracovní teplota je 750 až 800 °C. Při menším obsahu fosforu je pracovní teplota až 710 °C. Tato pájka je vhodná pro pájení mědi a jejich slitin. Používají se pro ruční pájení plamenem. Vyrábí se ve formě lité tyčky o průměru 3 – 5 mm. [1]

Pájka mosazná ze slitin Cu – Zn

Pracovní teplota pájení je okolo 900 °C. Obsah zinku by měl být nižší než 40 %. Při teplotě 913 °C zinek vře, ale už při 650 °C můžeme pozorovat jeho vypařování. Toto vypařování je nejen škodlivé pro zdraví člověka, ale spolu s vodíkem způsobuje ve spoji pórovitost. Stříbro zlepšuje tekutost pájky, elektrická vodivost se zvyšuje a její pracovní teplota se snižuje. Pájky se používají pro pájení mědi, jejich slitin a pájení oceli. [1]

2.2.3.2 Pájky na bázi stříbra

Těmito pájkami je možno spojování železných i neželezných kovů vyjma kovů lehkotavitelných a lehkých kovů. Pracovní teplota pájení (teplota tání/tavení pájky) je v rozmezí 630 - 850 °C. Výhodou těchto pájek je jejich vynikající elektrická vodivost, dobrá chemická stálost a mechanická pevnost spoje. Nevýhodou pájky oproti mosazným je, že jsou dražší. [1]

Pájka Ag – Cu

Teplota tání je 780°C. Rozpustnost stříbra v mědi a opačně je závislá na teplotě. U pájeného spoje se vyžaduje úzká mezera z důvodu hodně dobré tekutosti pájky. [1]

Pájka Ag – Cu – P

Teplota tání je 710 – 800°C. Pájka je ideální pro pájení mědi a stříbra bez tavidla, z důvodu obsahujícího fosforu např. transformátorů, pájení vinutí elektromotorů, tepelných výměníků a chladniček. [1]

Pájka Ag – Cu – Zn

Pracovní teplota této pájky je 750 - 790 °C. Pájky s větším obsahem stříbra se využívají pro spojování mědi v elektrotechnice z důvodu dobré vodivosti spoje (čím více stříbra je v pájce, tím lepší je její vodivost). Uplatnění nachází i v potravinářství, díky zákazu obsahu Cd ze zdravotních důvodů. Pájky mají i dobrou chemickou odolnost. Stříbrné pájky s příměsí zinku dosahují nejvyšších pevnostních charakteristik ze všech pájek s obsahem stříbra. [1]

2.2.3.3 Pájky na bázi niklu

Díky vlastnostem jako odolnost proti korozi, oxidaci atd. je nikl vhodný pro pájení žárovzdorných a žárovepevných ocelí a slitin, např. v jaderném průmyslu. Z důvodu špatné tvárnosti se vyrábějí jen ve formě pasty, prášku a folie. Pájka Ni – Cr – P s pracovní teplotou nad 900°C byla vyvinuta pro pájení dílů v jaderných reaktorech. Využití je i u pájení topných těles a tenkostěnných trubek. Obsah chromu dává lepší vysokoteplotní vlastnosti a schopnější odolnost proti korozi. [1]

2.2.3.4 Pájky na bázi železa

Pájky typu Fe – Cr na bázi železa mají oproti pájkám na bázi niklu vyšší teplotu tání a jsou levnější. Obsah Cr zvětšuje žárovevnost a žárovzdornost. [1]

2.2.3.5 Pájky na bázi paladia

Díky vlastnostem jako odolnost proti korozi, oxidaci atd. jsou pájky na bázi paladia vhodné stejně jako pájky na bázi niklu pro pájení žárovzdorných a žárovevných ocelí a slitin, např. v jaderném průmyslu, letectví a při výrobě plynových turbín. Oproti niklovým mají výhodu, že se vyrábějí v podobě drátů a tím zmenšují vznik praskavosti ve spoji. [1]

2.2.3.6 Pájky z drahých kovů

Pájky dělíme na dvě skupiny pájek - zlaté a platinové. Uplatňují se v průmyslové výrobě, umělecké výrobě, zlatnictví a v zubním lékařství. Pájky Au – Cu mají výhody jako nejlepší pájky na bázi Ag, ale jsou podstatně dražší. Mají velice dobrou chemickou odolnost a vodivost. Vhodné jsou pro pájení elektroniky a mědi. Pájka Au – Cu – Ag vyžaduje rozpouštěcí žíhání 800°C a vytvrzování při 200 – 300°C oproti pájce Au – Cu – Ni, která má lepší pájecí vlastnosti s provozní teplotou 700°C. [1]

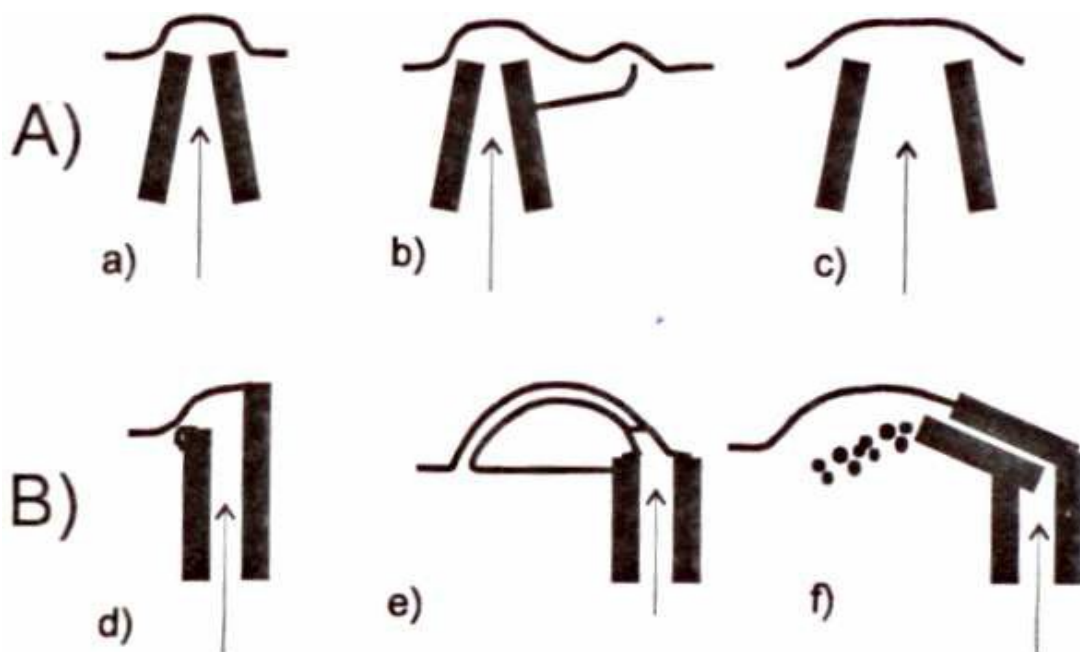
2.2.4 Pájení vlnou

Je nejrozšířenější metoda pájení THT součástek (drátových součástek) na desce s plošnými spoji. Součástky se zde osazují všechny ze stejné strany. Po osazení DPS součástkami je nanášeno tavidlo z opačné strany DPS. Následuje přehřev desky plošných spojů na teplotu cca 100°C, aby nedošlo k nežádoucímu tepelnému šoku při kontaktu desky s roztavenou pájkou, pak probíhá samostatné pájení (opět z opačné strany DPS, než jsou osazeny součástky). Posledním krokem je ochlazení DPS na pokojovou teplotu cca 25 °C pro další zpracování.

Problémy nastávají s nástupem vyšší integrace součástek a samozřejmě s SMD. Zde se již pouze s jednoduchou vlnou nevystačí a je nutné kombinovat ji s některou z reflexních vln. Skupina A) tvoří oboustranné vlny. Elektromechanickým čerpadlem je vháněna slitina do

trysky, která pak přetéká přes její okraj a tvoří požadovaný tvar. Typ a) a c) je jednoduchá vlna nejčastěji používaného typu. Je k vidění u převážné většiny pájecích zařízení. Typ b) je snaha vytvořit tzv. dvojitou vlnu jednou tryskou. Snížená druhá vlna sníží vznik krápníků. Touto skupinou není problém pájet klasickou montáž na jednostranných i vícestranných deskách s pokovenými otvory.

Skupina B) jsou tzv. reflexní vlny Delta vlna d), dutá vlna e) turbulentní vlna f). Tyto vlny jdou proti směru pohybu pájené desky, čímž podstatně omezují vznik krápníků.

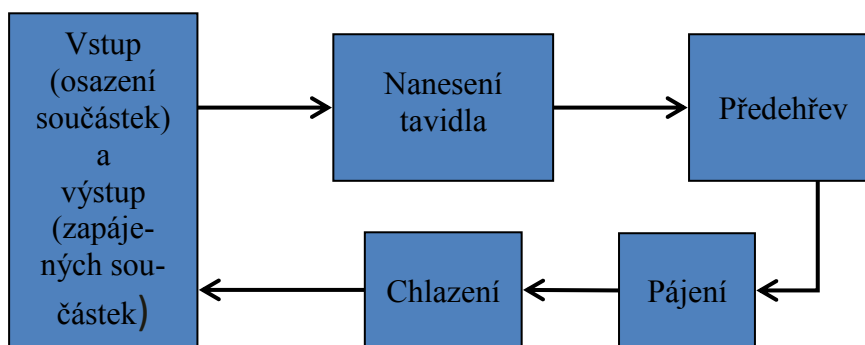


Obr. 6. Typy vln [16]

Pájecí zařízení se skládá z elektricky vyhřívané nádrže (vany) na pájecí slitinu, z čerpadla, vedení proudu pájky a trysek, které formují tvar vlny. Teplotu nádrže je nutné udržovat na teplotě nad eutektickou hodnotou (o 30 - 70°C vyšší), aby nevznikaly krystaly nečistot. Požadavek na udržení teploty je asi $\pm 2^\circ\text{C}$. Zařízení, jež umožňuje vzednutí vlny je čerpadlo. Může být mechanické nebo elektrodynamické. Dnes jsou stroje na vlny vyráběny v různých velikostech od stolních zařízení šíře cca 20 cm až po velké mohutné stroje o šíři 50 cm. Množství slitiny je dáno konstrukcí zařízení, kdy standardní zařízení s jednoduchou popř. dvojitou vlnou, mají nejmenší obsah náplně cca 250 kg. [16]

2.2.5 Selektivní pájení

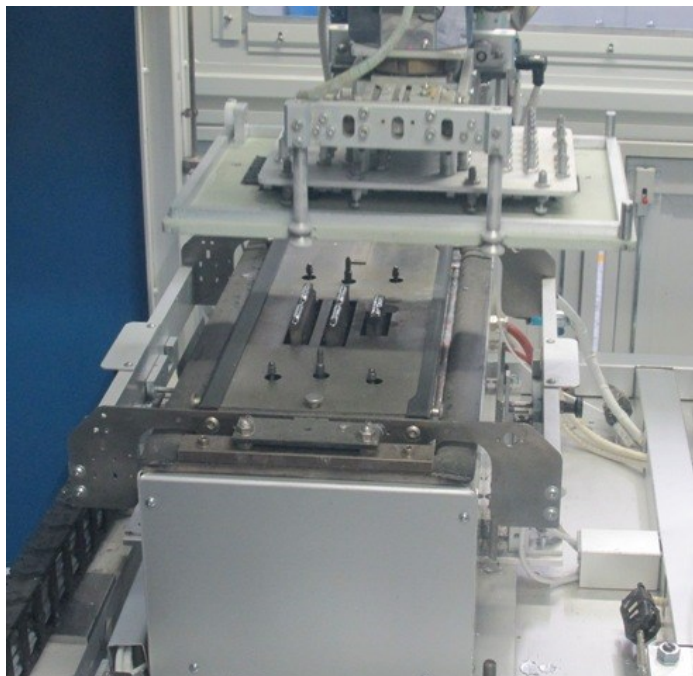
Selektivní pájení dělíme na pájení minivlnou a pájení DIP. Při pájení minivlnou proces pájení postupuje bod po bodu, až do úplného zapájení výrobku. Pájení je časově náročné podle počtu pájených bodů. Dále bych se věnoval jen pájení DIP, které úzce souvisí s praktickou částí mé BP. Při pájení metodou DIP je potřeba přesně navrhnout a vyrobit pájecí nástroj na míru danému výrobku. To znamená, že všechny pájecí body jsou zapájeny současně. Což znamená velkou úsporu času.



Obr. 7. Blokové schéma procesu selektivního pájení



Obr. 8. Příklad pájecího nástroje minivlna



Obr. 9. Příklad pájecího nástroje DIP

2.2.6 Pájení předehřevem

Pájení předehřevem neboli přetavením je dalším významným typem pájení. Princip je opačný než u selektivního pájení nebo ručního pájení kontaktním nástrojem, kdy se roztažený pájecí materiál přivádí na pájené místo. Zde se nejprve nanese pájecí pasta přes síto na pájené místo desky plošných spojů a poté se osadí součástky SMD a následně se přetaví působením tepelné energie. Důležitým faktorem pro kvalitu pájení je nejen volba správné metody a stroje, ale i pájecího materiálu – pájecí pasty. [6]

Technologie osazování do pasty patří mezi nejperspektivnější technologie v SMT. Nevyžaduje žádné speciální postupy pro ochranu součástek proti vniknutí tavidla, žádné pájecí rámečky, atd. Pájecím materiálem je v současné době pouze pájecí pasta. Parametry pájecí pasty jsou klíčovým prvkem k dosažení bezproblémového pájení s dostatečnou kvalitou. [6]



Obr. 10. Příklad pájecího stroje pro přetavení [20]

2.2.7 Pájení páječkou

Nejrozšířenější metodou pájení je páječkou. Výhodou je rychlé přenesení tepla do určitého místa spoje. Při pájení se kovové součástky nejdříve páječkou zahřejí a přidáním roztavené pájky se spojí. Pájka vytvoří po vychladnutí pevné mechanické a elektrické spojení. Elektrické pájčky jsou vždy osazeny vyměnitelným pájecím nástavcem. Výměnný nástavec (hrot) je zhotoven z tepelně dobře vodivého kovu, zpravidla z mědi nebo jejich slitin. Měď se ale v roztavené pájce rozpouští a hrot by rychle ubýval. Pájecí hrot je proto většinou pokrytý vrstvou odolnějšího kovu, například niklu. Vyměnitelný hrot je ohříván topným tělískem, které je součástí pájčky. U pájecích stanic s regulací teploty je v blízkosti hrotu teplotní senzor nebo se měří odpor topného tělíska. Zvláštním typem pájčky je pistolová (transformátorová) pájčka. Místo hrotu má pájecí smyčku z drátu. Smyčka se zahřívá průchodem velkého proudu dodávaného vestavěným transformátorem. Bezpečnostní transformátor dodává velký proud při nízkém napětí a ani při přerušení smyčky nehrozí úraz elektrickým proudem. U pistolové pájčky je výhodou rychlý ohřev na pracovní teplotu. Zapíná se tlačítkem na rukojeti, které se musí držet sepnuté po celou dobu práce. Při odložení se pájčka sama vypne a nebezpečí popálení nehrozí. [14]

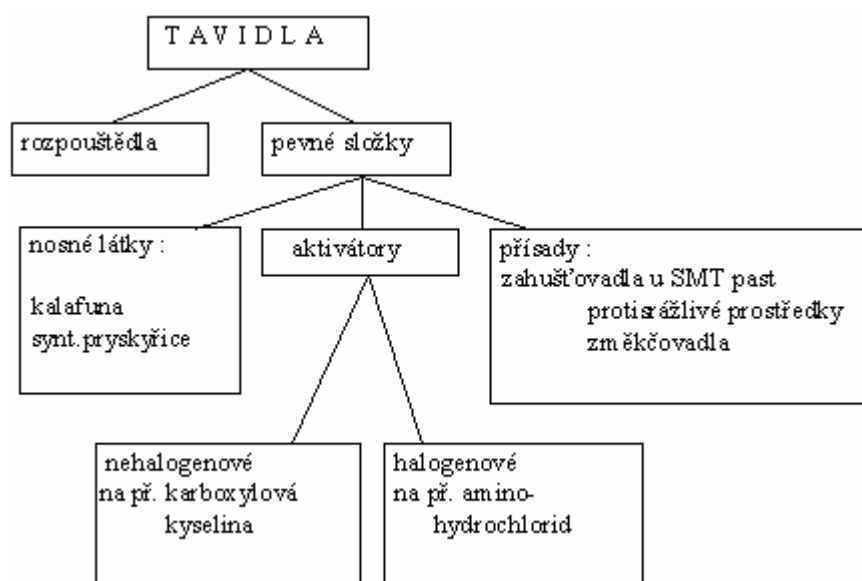
Pistolové páječky se vyrábějí s výkonem okolo 100 W. Pro práci s citlivými elektronickými součástkami nejsou příliš vhodné. [14]



Obr. 11. Příklad páječky [21]

2.3 Tavidlo

Tavidla jsou kapalné nebo tuhé chemické látky (obr. 11), které odstraňují z pájených ploch nečistoty a oxidy a zabraňují jejich dodatečné oxidaci. Aby působila co nejučinněji, musí se tavit při teplotě o 200°C až 300°C nižší, než je teplota pájení. Přesné rozdělení tavidel kvůli jejich komplexnímu působení v procesu pájení je poměrně obtížné. V průběhu doby se však obecně ustálilo jejich rozdělení do čtyř základních skupin. Obecně lze říci, že v současné elektronické výrobě není nutné používat aktivovaná tavidla, protože DPS i součástky se vyznačují dobrou pájitelností. Vzhledem k ekologickým aspektům moderní doby, je volba takových technologických postupů, aby se procesy mytí a čištění na bázi organ. rozpouštědel a halogenidových sloučenin zcela vyloučily. Proto je doporučováno výhradně používání neaktivovaných tavidel, pouze v případech nutnosti zrychlit pájecí proces a omezit tím případný teplotní šok některých citlivých součástek lze použít tavidel typu RMA. Tento typ tavidel se používá také při opravách a výměně vadných součástek. [15]



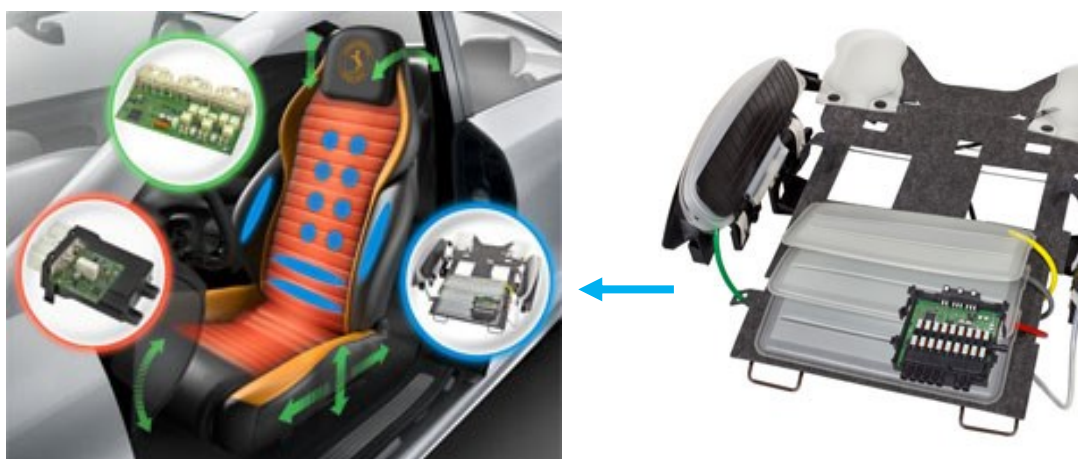
Obr. 12. Schéma složení moderních tavidel [15]

Tab. 1. Rozdělení tavidel dle normy EN 9454-1 [16]

Klasifikace tavidla			Kód
Typ tavidla	Základ tavidla	Aktivace tavidla	
1. Pyskyřičná	1.Kalafuna	1.Bez aktivátorů	1.1.1
		2.Halogeny	1.2.1
	3.Nehalogenové aktivátory	1.1.2	
		1.2.2	
		1.1.3	
		1.2.3	
2.Organická	1.Vodu ředitelná	1.Bez aktivátorů	2.1.2
		2.Halogeny	2.1.3
	3.Nehalogenové aktivátory	2.2.2	
		2.2.3	
3.Anorganická	1.Soli	1.S chloridem amonným	3.1.1
		2.Bez chloridu amonného	3.1.2
	2.Kyseliny	1.Kyselina fosforečná	3.2.1
		2.Jiná kyselina	3.2.2
	3.Alkálie	1.aminy nebo amoniak	3.3.1

3 PRINCIP ŘÍDICÍ JEDNOTKY V PNEUMATICKÉM SYSTÉMU SEDADLA

Řídicí jednotka distributoru vzduchu je umístěna v sedadle automobilu (obr. 13) a má za úkol zvýšit komfort cestujících. To znamená, že cestující jsou schopni si přizpůsobit obrysy sedadla tak, aby vyhovovaly jejich anatomii či osobním preferencím. To to je umožněno nafukovacími vzduchovými komorami vloženými pod polštáře sedadla. Kromě vzduchových komor v bederní oblasti opěradla, můžeme také nastavit ramenní oblast opěradla, spolu s bočním vedením. Aktivní část jednotky dále mění plnicí tlak a objem vzduchových komor v opěradle v závislosti na jízdě situaci. Když je zapnuta aktivní část jednotky, tak se tlak vzduchu v komorách bočního vedení přizpůsobí v závislosti na změnách v natočení volantu, zrychlení a rychlosti vozu. Systém má ve výsledku zlepšit boční podporu, když to budete nejvíce potřebovat, v reakci na aktuálním tvaru silnice (zatačka versus rovná silnice). Celý systém může být také doplněn o masážní část na opěradle, která je vybavena vlastními vzduchovými komorami s různými nastaveními programů pro udržení neustále stimulovaných zádových svalů při jízdě, ať už se jedná o řidiče či spolucestující v osobním autě.



Obr. 13. Pneumatický systém sedadla s řídicí jednotkou [11]

Jednotlivé vzduchové buňky v sedadle jsou nafouknuty přes ventily. Tlakové senzory detekují míru vzduchu za všech okolností, což umožňuje funkce paměti a kontroly, které jsou nutné pro automatickou kompenzaci kolísání vnějšího tlaku, například při jízdě nahoru a dolů z kopce. Klíčovým prvkem našeho pneumatického systému sedadla je elektronický modul (řídící jednotka distributoru vzduchu), který je zodpovědný za řízení celého systému a jeho funkci. Rovněž jsou v modulu integrované všechny potřebné komponenty pro pneumatické ovládání ventilů, jako jsou distribuční tlakové jednotky a snímače tlaku. Kromě toho jsou schopny poskytovat potřebný přívod vzduchu spodní konstrukci daného sedadla, skládající se z drátěného rámu, rohože a vzduchové buňky, spolu se vzduchovými hadicemi pro jejich připojení. Kromě toho, jsou pro dynamickou funkci pohonu pneumaticky aktivované klapky nutné k posílení bočního sedadla a podhlavníky. V porovnání s elektromechanickými systémy, pneumatické systémy sedadel pracují tišeji a váží podstatně méně, umožňují přesnější přizpůsobení se tvaru těla, a v neposlední řadě mohou vydržet větší mechanické namáhání. [11]

4 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

V teoretické části práce jsem se zabýval popisem jednotlivých metod spojování materiálů, jako je svařování, lepení a nýtování. V metodě spojování materiálů pomocí pájení je popsána metalografie a co umožňuje, proces pájení s rozdělením na měkké a tvrdé pájky a tavidla. V kapitole pájení byla věnována pozornost metodě pájení páječkou, předehřevem a selektivním pájením. Selektivní pájení bude i součástí praktické části mé práce. Závěrem teoretické části je popis funkce řídicí jednotky distributoru vzduchu.

Cílem praktické části je optimalizace výroby distributoru vzduchu řídicí jednotky v procesu pájení. Zhodnotím současný stav technologie výroby a navrhnu optimalizované řešení technologického postupu. Provedu kontrolní měření součásti po optimalizaci a na závěr zhodnotím nový stav.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

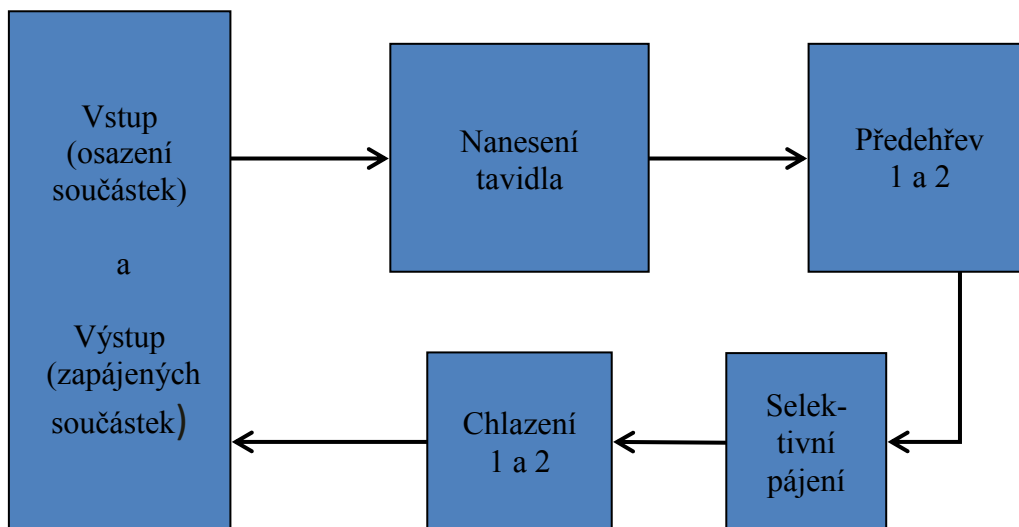
5 NÁVRH OPTIMALIZACE VÝROBY ŘÍDICÍ JEDNOTKY DISTRIBUTORU VZDUCHU

Cílem praktické části této bakalářské práce je optimalizovat výrobu distributoru vzduchu v procesu selektivního pájení. V praktické části zhodnotím současný stav technologie výroby a popíši řídicí systém selektivního pájení. Zabývat se budu funkcí řízení výšky vlny pájecí slitiny a její regulace s vlivem na pájený spoj. Popíši složení pájecí slitiny. Budu zkoumat a navrhnu optimalizované řešení technologického postupu. Vyberu vhodný pájecí nástroj a provedu kontrolní měření součásti po optimalizaci. Závěrem doporučím vhodný pájecí nástroj.

5.1 Současný stav technologie výroby v procesu selektivního pájení

Selektivní pájení (Selective soldering) je způsob pájení součástek k desce (DPS) plošných spojů. Základem pájecího zařízení je dopravník desek (osazené desky plošných spojů tzv. DPS, uložené v pájecí masce na dopravníku), který posunuje DPS mezi jednotlivými stanicemi stroje. Masky jsou vyrobeny z kompozitu skleněného vlákna a pryskyřice. Tato kombinace je teplotně stálá. Na takovémto materiálu neupívá cín. Na první stanici obsluha vkládá desky s osazenými součástkami do dopravníku stranou součástek nahoru (součástky mohou být, a ve většině případů i jsou, z obou stran DPS, tzv. TOP (horní strana desky plošných spojů) a BOT (spodní strana desky plošných spojů) strana). Pájené spoje (pájecí strana - obvykle BOT strana) se nachází na opačné straně směrem dolů. Na druhé stanici je na pájecí stranu nanášeno automaticky tavidlo (flux). Nanáší se micro-drop tryskou pouze na oblasti, kde později dojde ke kontaktu s tekutou pájkou do prostoru budoucího pájení. Tavidlo je kapalná (izopropylalkohol) chemická látka, která odstraňuje z pájených ploch oxidy a nečistoty a pomáhá zabránit jejich dodatečné oxidaci. Po nanesení tavidla dopravuje dopravník DPS na předehřívací zónu předehřevu 1 a předehřevu 2. Předehřívání má za úkol odpařit kapalnou část tavidla a pomáhá urychlit proces pájení a zabránit tepelnému šoku. Gradient ohřevu musí být $<$ nebo $= 3\text{K/s}$. Provádí se průchodem a zastavením dopravníku desek po stanovenou dobu nad sestavou infračervených lamp předehřevu 1 a 2. Teplotní profil procesu pájení (součástí je předehřev) musí vyhovovat specifikaci výrobce tavidla a dále musí vyhovovat interním technickým stan-

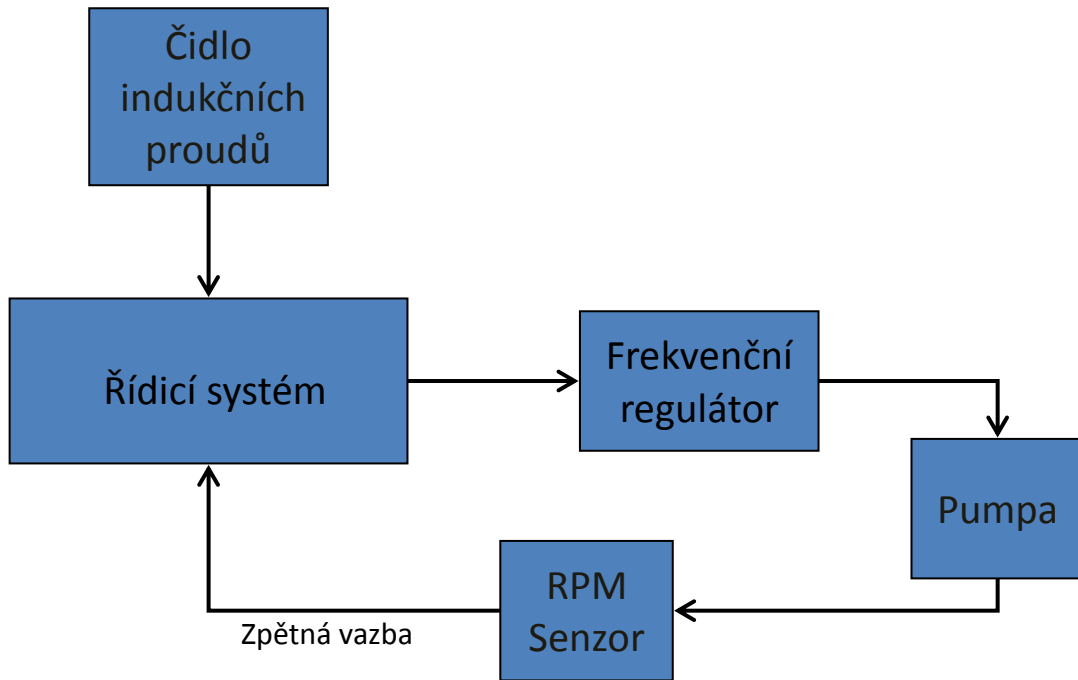
dardům výrobce v našem případě Continental. Technické standardy vychází ze základních norem IPC (IPC-A-610 je celosvětově nejpoužívanější standard pro montáž elektronických sestav). Hlavním krokem je samotný proces pájení THT komponentů (drátové součástky, např. konektory, vzduchové ventilky, apod.) selektivní vlnou, kdy je maska s výrobky odebrána automaticky z dopravníku a přenesena nad pájecí trysky (product specific multinozzle soldering tool), ve kterých je pájecí slitina udržována na definované výšce. Dále proces probíhá dle nastavených pájecích parametrů. Pájecí maska sjede směrem dolů k pájecímu nástroji do definované výšky. Dojde ke kontaktu roztavené pájecí slitiny s DPS a to pouze v předem definovaných oblastech pájení. V důsledku kapilárních sil dojde k navzlínání pájky do prokovaných otvorů, do kterých byly předem vloženy vývody THT komponent. Důležitou podmínkou dokonalého pájeného spoje je vytvoření intermetalické vrstvy spojovaných materiálů. Dosažení kvalitního pájeného spoje je podmíněno pájením v dusíkové (N₂) inertní atmosféře. Po zapájení je maska s výrobky odebrána a automaticky odložena zpět na dopravník. Výpary vzniklé z procesu pájení jsou ze zařízení odvedeny pevně napojeným odsávacím zařízením. Dopravník dále přesune masku s výrobky do prostoru chlazení. Chlazení se skládá ze dvou sekcí a z určitého počtu ventilátorů v každé z nich. Ventilátory nasávají okolní chladnější vzduch, který je následně směřován na výrobek, čímž dochází k ochlazení výrobku na teplotu blízkou okolí. Účelem chlazení je ochladit výrobek na požadovanou teplotu před další pracovní operací na ICT (In Circuit Test – obvodový kruhový test) po AOI (automatická optická inspekce po pájení). Z důvodu tepelného stresu citlivých elektronických součástek musí být tepelný gradient chlazení < nebo = 6K/s. V našem případě je požadované ochlazení na 25°C a aby nedocházelo k přesunu teplejšího vzduchu z pájecí části do prostoru chlazení, je tento prostor oddělen přepážkou. Následně se dopravník desek vrací zpět na výstup / vstup, kde je odebrán operátorem výroby k dalšímu zpracování na technologii AOI. Blokované schéma pájecího zařízení je popsáno níže na obr. 14 pro lepší orientaci.



Obr. 14. Blokové schéma pájecího zařízení

5.2 Princip řídicího systému selektivního pájení

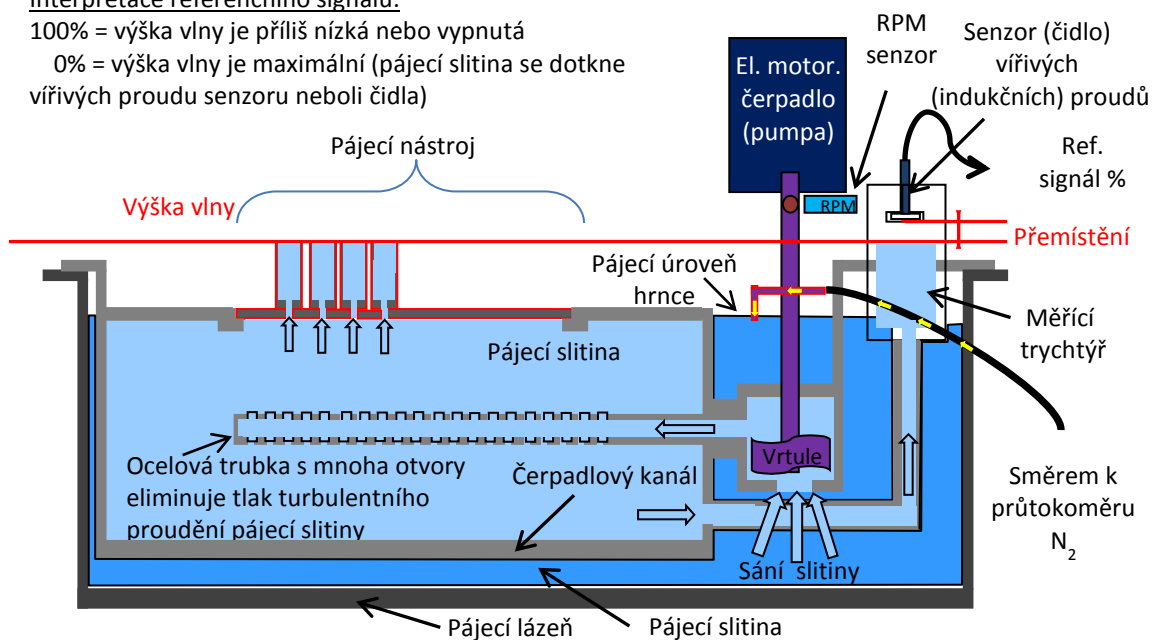
Selektivní strojní pájení je plně automatický proces, který zajišťuje manipulaci s výrobky a dodržování procesních parametrů. Výška pájecí slitiny v pájecím nástroji je zajištěna v podstatě bezkontaktním měřicím senzorem (tzv. Eddy Current Sensor), který pracuje na principu indukčních (vířivých) proudů. Používá se pro měření výrobků vyrobených z elektricky vodivých materiálů. Pokud je čerpadlo zapnuto, zapříčiní nasáti pájecí slitiny do pájecího nástroje přes ocelovou trubku s mnoha otvory, která eliminuje tlak turbulentního proudění pájecí slitiny (lázně) a čerpadlového kanálu, který ústí k senzoru referenčního signálu. Činnost čerpadla je hlídána snímačem RPM (otáčky za minutu) se zpětnou vazbou na řídicí systém. Znárodnění je na obr. 15 a 16.



Obr. 15. Řízení výšky vlny - blokové schéma

Interpretace referenčního signálu:

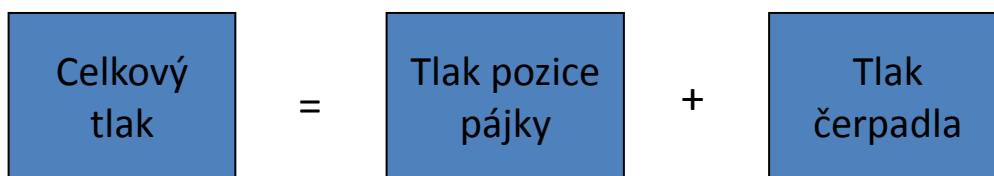
100% = výška vlny je příliš nízká nebo vypnutá
 0% = výška vlny je maximální (pájecí slitina se dotkne vířivých proudů senzoru neboli čidla)



Obr. 16. Hydraulický systém (průřez)

5.2.1 Funkce řízení výšky vlny pájecí slitiny a její regulace

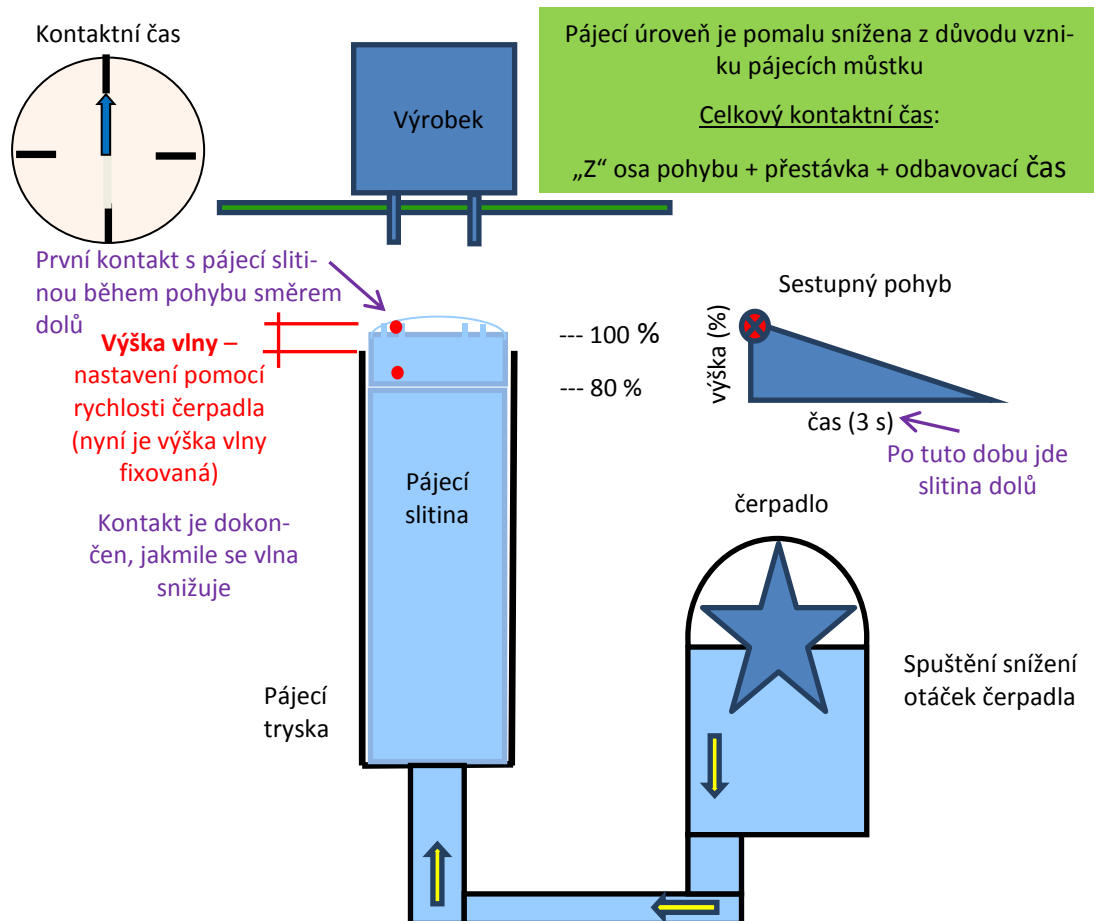
Celková výška vlny pájecí slitiny v pájecím nástroji je součtem tlaků vyvinutým čerpadlem a tlaku výšky pájecí slitiny v pájecí lázni. Čerpadlo je umístěno v kanálu pájecí lázně. Tento tlak se skládá ze dvou složek, základního tlaku a tlaku čerpadla. Základní tlak je závislý na pozici pájky v pájecí lázni a tlak je způsoben čerpacím systémem. Cílem měřicího systému je udržet výsledný tlak (výšku vlny) konstantní. Regulace výšky vlny se provádí změnou počtu otáček čerpadla. Požadována výška vlny je nastavena kalibrací procesním inženýrem. Řídicí systém pájecího zařízení udržuje pájecí výšku (kalibrovanou výšku) konstantní pomocí změny otáčení rychlosti čerpadla. Pokud je naměřená výška vlny příliš nízká, otáčky čerpadla se zvyšují. Pokud je měřená výška vlny příliš vysoká, počtem otáček čerpadla se výška vlny snižuje. Tlak v systému čerpadla se mění, aby byl celkový tlak (výška vlny) konstantní.



Obr. 17. Složení celkového tlaku v čerpadle

Ve stejné době je skutečná rychlost čerpadla srovnatelná s rychlostí, která je určena při referenci. V případě, že je skutečná rychlost vyšší než referenční rychlost, a to buď že tlak hladiny pájky klesl nebo se stav pájecího systému změnil (pájecí oxidy, musí být doplněna / dodána nová pájka takovým způsobem, že jsou otáčky menší nebo rovné referenčním otáčkám. Aby byla výška pájecí slitiny neustále na stejné úrovni, protože výška má přímý vliv na výšku pájecí vlny. Úroveň hladiny pájecí slitiny je neustále kontrolována pomocí průtoku dusíku v měřicím zařízení (průtokoměru). V případě, že hladina pájecí slitiny se nachází v požadované úrovni, průtokoměr nedetekuje žádný průtok dusíku.

Jestliže se požadovaná hladina pájecí slitiny sníží (měřicí trubice se dostane nad hladinu), začne měřicí trubicí proudit dusík. Průtokoměr zjistí průtok dusíku a řídicí systém aktivuje automatický podavač cínu. Výška pájecí slitiny je tímto regulována. Pokud nedosáhne správnou hladinu v čase přibližně do 20 sekund, zařízení se zastaví, zapne červené světlo a akustický signál a provozovatel (systémová obsluha) stroje musí provést adekvátní nápravu. Cín je do pájecí slitiny doplňován kromě automatického podavače z cívky i pomocí tzv. prutů obsluhou stroje při pravidelné údržbě stroje nebo při zastavení stroje např. z důvodu nízké hladiny pájecí lázně.



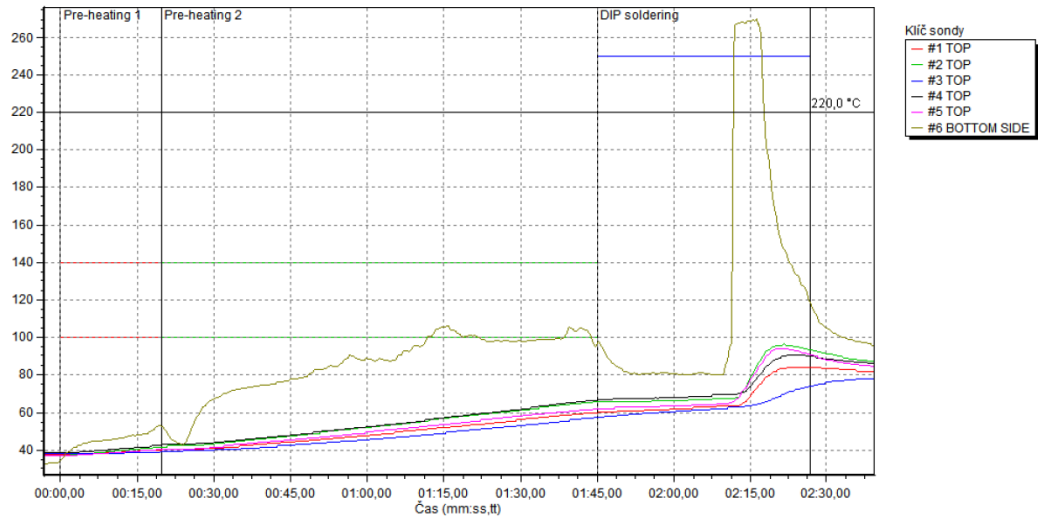
Obr. 18. Princip kontaktování výrobku s vlnou

5.3 Teplotní profil

Teplotní profil procesu pájení společně s předehevem musí vyhovovat interním technickým standardům výrobce, v našem případě Continentalu. Technické standardy vychází ze základních norem IPC (IPC-A-610 je celosvětově nejpoužívanější standard pro montáž elektronických sestav). Ke změření jsem použil stávající měřící vzorek, na kterém jsou připevněny termočlánky s číselným rozdělením 1- 6 dle počtu vývodů na měřícím zařízení DATAPAQ Q18. Samotný vzorek obsahuje ještě senzor č.7, který pro naše měření nevyužíváme. Proces změření probíhá tak, že vzorek připojíme na zapnuté měřící zařízení a společně s ním vložíme do masky na dopravník desek, podobně jako bychom vložili výrobek a za stejných výrobních podmínek pájení jej necháme, aby prošel automatickým procesem pájení. Po ukončení celého pájecího procesu se vzorek a měřící zařízením vrátí zpět na výstup pájecího zařízení. Výsledky měření následně zpracujeme přes určený SW (Software – programové vybavení) připojením měřícího zařízení k PC (osobní počítač). Výsledkem měření je graf teplotního profilu, viz. obr. 20. Každá sonda s příslušnou barvou na grafu teplotního profilu odpovídá číslu senzoru na vzorku. V grafu je vidět teplota v závislosti na čase jednotlivých senzorů postupně jak měřený vzorek prochází předehevem a pájecím nástrojem.



Obr. 19. Měřící zařízení DATAPAQ Q18



Obr. 20. Teplotní profil

5.4 Složení pájecí slitiny

Pájecí slitina pro pájení vyráběného distributoru vzduchu je součástí bezolovnatého pájení a skládá se ze slitin SAC 305 - 3% Ag, 0,5% Cu zbytek Sn, plus některé další prvky zastoupené ve stopovém množství. Pájecí slitina je pravidelně kontrolována specializovanou laboratoří. Vzorky jsou odebírány 1 měsíčně k jejímu posouzení. V případě negativního výsledku je celá pájecí lázeň odebrána a odvezena zpět k dodavateli, který ji dále zpracuje. Nová pájecí lázeň je vytvořena vložением nových cínových prutů. Vyhodnocení vzorků z laboratoře je na obr. 21.

Certificate of Analysis

customer **Continental Automotive Systems Czech Republic s.r.o.**
 Kopanska 1713
 CZ - 74401 Frenstat

labelling **WAV 102**

date of sampling **04.01.2016**

Spark-OES

batch: 16E007612		CONTI Spec. SAC305	
lab date 07.01.2016		rev. 2	
	Mass. %	min	max
Sn (calc.)	96,41		
Ag	3,0700	2	4
Al	0,0008		0,006
As	<0,001		0,03
Au	0,006		0,2
Bi	0,002		0,5
Cd	<0,001		0,002
Cu	0,460	0,2	0,80
Fe	0,002		0,02
Ge	0,0009		
In	0,0023		
Ni	0,0287		0,050
P	<0,001		
Pb	0,0130		0,1
Pd	0,0007		
Sb	0,0069		0,2
Zn	0,0003		0,005

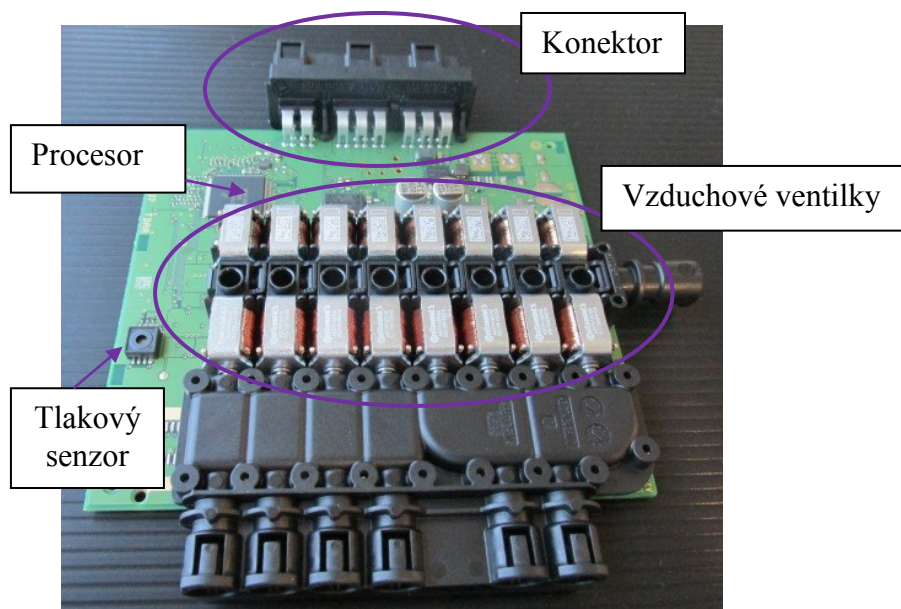
Remarks

This is an automatically generated report that has not been evaluated by a technician. If values for a specific element are outside the range indicated (red), please contact BALVER ZINN for further information as these may cause processing problems.

Obr. 21. Protokol vyhodnocení pájecí slitiny

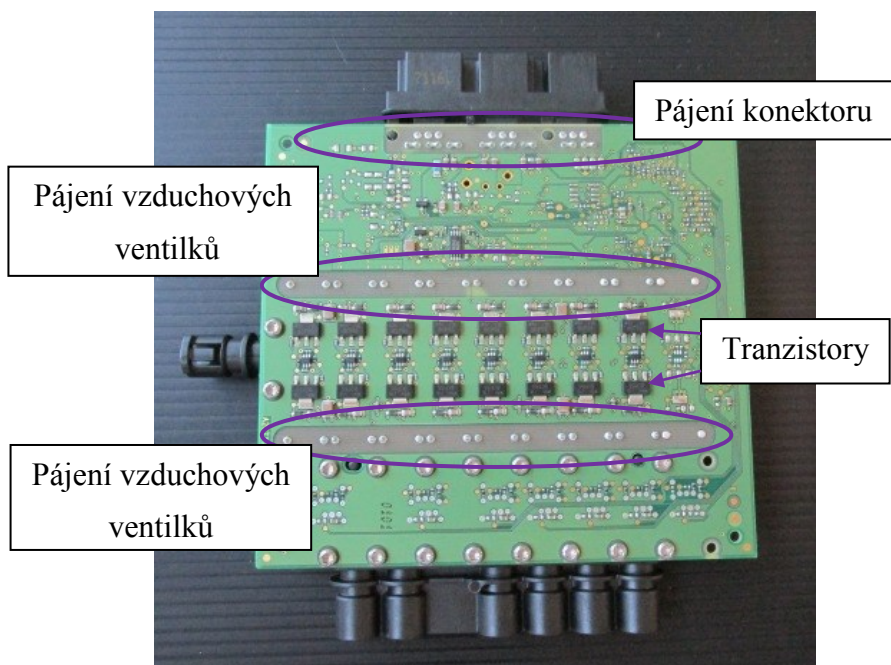
5.5 Deska plošných spojů

Řídicí jednotka v sobě integruje řídicí elektronickou část a mechanickou část. Na DPS (deska plošných spojů) se nachází elektronická část (procesor, tlakové senzory, výkonové tranzistory a další aktivní a pasivní elektronické součástky) a mechanické komponenty (vzduchové ventilký, konektor). Řídicí jednotka je připojena na komunikační sběrnici automobilu. Prostřednictvím této sběrnice dochází ke komunikaci s centrální řídicí jednotkou automobilu. Procesor vykonává řídicí pokyny na základě požadavku řidiče / pasažera automobilu a aktuálních jízdních podmínek. Jednotka neustále vyhodnocuje tlak okolního vzduchu a tlaky v jednotlivých vzduchových vacích, prostřednictvím tlakových senzorů (slouží k nafukování a vyfukování jednotlivých částí v sedadle). Změna tlaku ve vacích se provádí spínáním vzduchových ventilků, které mohou nabýt dvou stavů. Jeden stav je nafukování a druhý stav je vyfukování. Všechny tyto činnosti jsou prováděny na základě softwaru, který je nahrán v paměti jednotky.



Obr. 22. Deska plošných spojů TOP strana

Jednotlivé SMD komponenty DPS jsou pájeny na předchozí operaci technologie SMT (přetavení). V této práci se jedná o pájení THT komponentů (konektor, vzduchové ventilký). Pájené oblasti na obrázku níže jsou oblasti bez stop laku (solder resist). Současná praxe ukazuje, že stoplak (zelená oblast na DPS) vykazoval tendenci k tvorbě pájecích mikrokuliček (převážně u pájení bezolovnatou pájecí slitinou), a proto se přistupuje k pájení bez stoplaku (hnědá oblasti na DPS).



Obr. 23. Deska plošných spojů BOT strana

5.6 Současný stav

Dlouhodobě se nám nedaří snížit FPY (procento jednotek, které projdou napoprvé celým procesem, aniž by se u nich vyskytl defekt). Nejvíce nám ho ovlivňují vady v podobě pájecích můstků, nedopájených spojů, kuliček a jiných vad detekovaných po procesu pájení na AOI. Kvalitu spoje ovlivní nejen nastavení parametrů, ale i vstupní materiál. V našem případě to tak ale není. Zkusíme se nad samotným procesem zamyslet. V zásadě můžeme použít dva postupy ukončení pájecího procesu. Ten první je, že výrobek odjíždí od pájecí trysky v ose „Z“ v době, kdy je pájecí slitina stále ještě v trysce. Druhý se od prvního liší v tom, že před odjezdem výrobku z pájecí trysky, musí nejdříve klesnout pájecí slitina v trysce, tj. pájecí slitina není v kontaktu s výrobkem. První postup způsobuje kvalitativní problém v oblasti konektoru, ale vzduchové ventilky jsou zapájeny bezchybně. Druhá varianta je přesný opak té první. Ani jednou možností nemohu dosáhnout požadované kvality spoje. Zde se nabízí myšlenka změny designu výrobku nebo změna designu nástroje (trysky). Co se týká výrobku, tak změna již není možná. Jako jediná možnost tedy zbývá změna designu trysky pájecího nástroje.

V procesu je použito bezolovnaté pájení. Veškeré parametry musí vyhovovat TST Conti normě, která vychází z IPC normy (IPC-A-610 je celosvětově nejpoužívanější standard pro montáž elektronických sestav):

Předehřev 1:

Čas 40sec., výkon 100%, pyrometr 108°C

Předehřev 2:

Čas 20sec., výkon 100%,

Pájení:

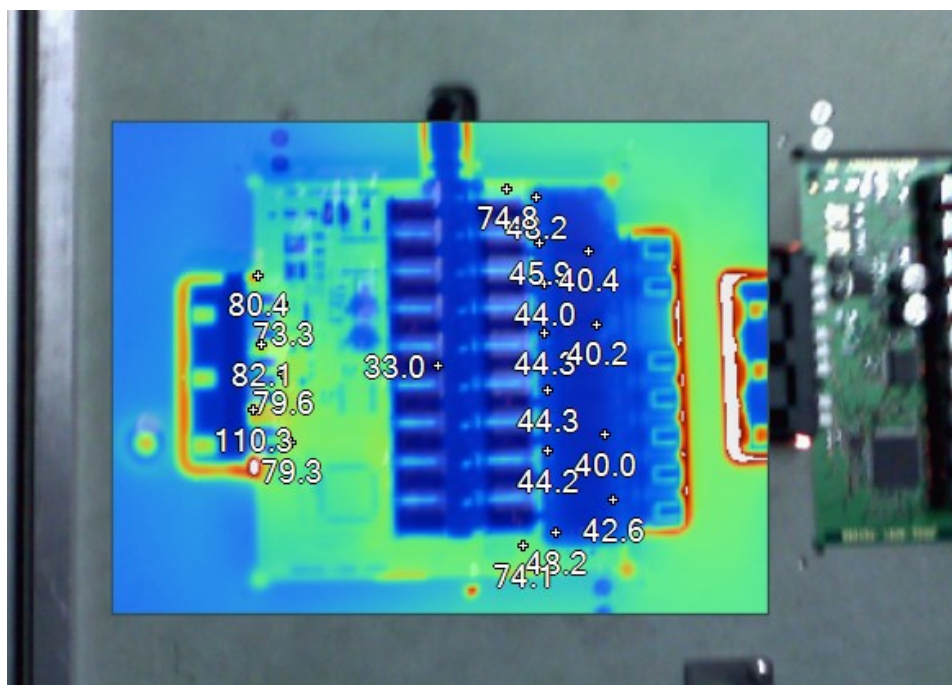
Teplota pájecí lázně 280°C

Kontaktní čas 2 sec

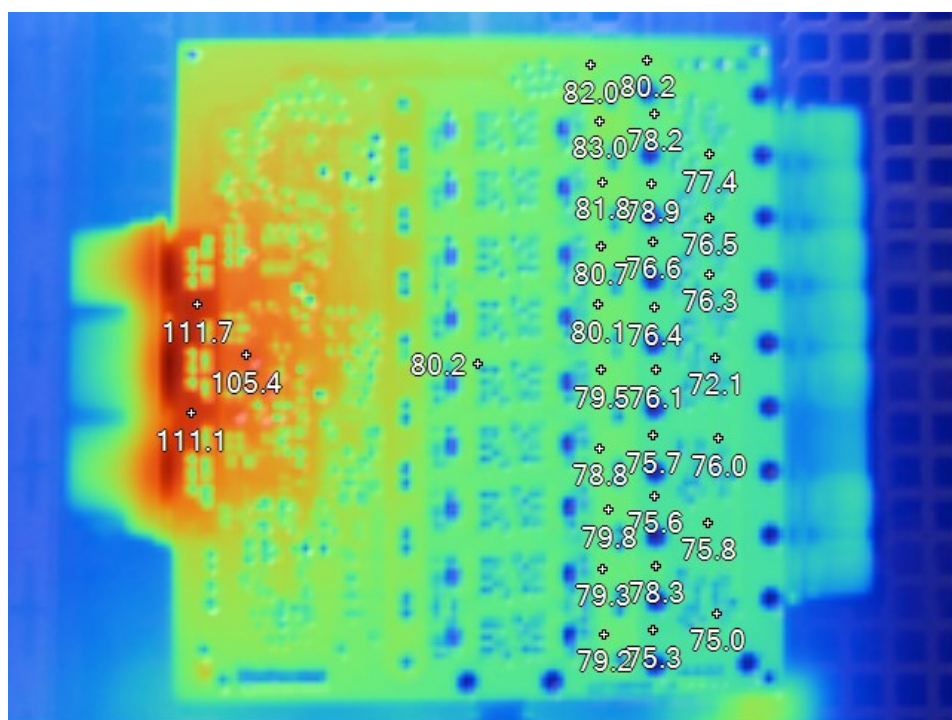
Klesajícím průběhem:

80% ve 4 sec.

Pomocí infračervené kamery jsem si ověřil teplotní stav jednotlivých ploch na výrobku po přehřevu a pájení, který odpovídá požadavkům zákazníka.

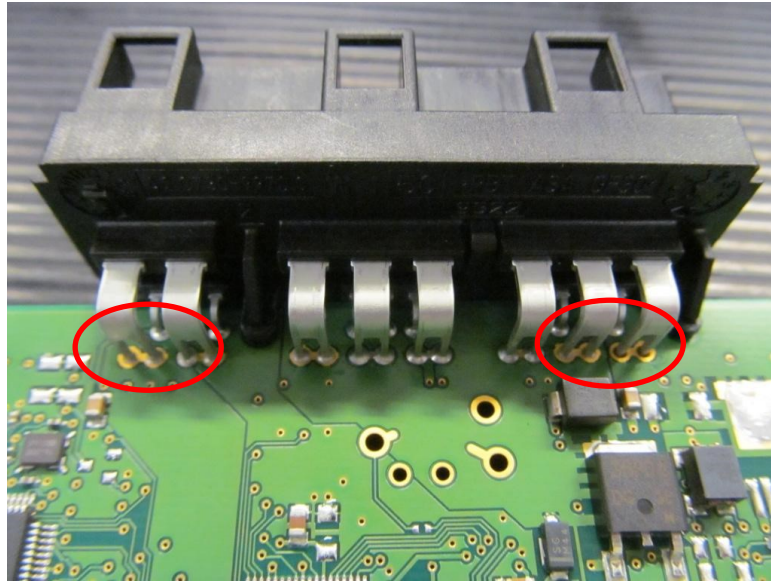


Obr. 24. Snímek pořízen infračervenou kamerou ihned po přehřevu

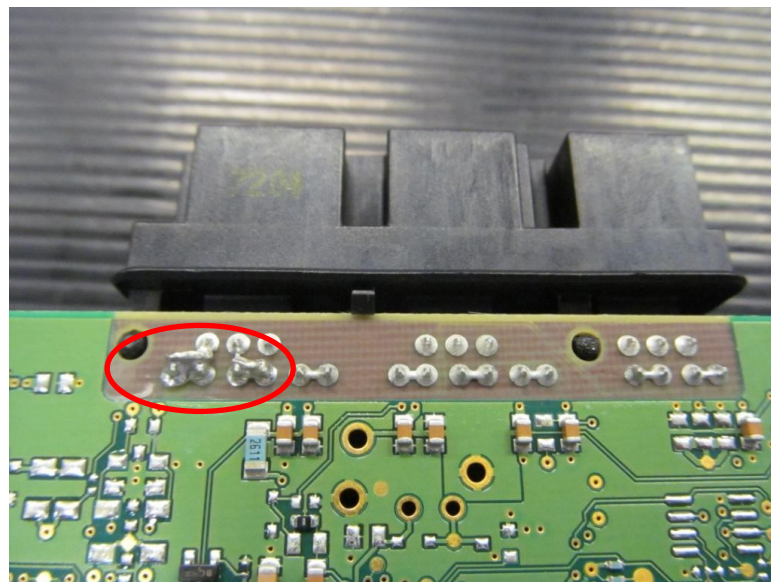


Obr. 25. Snímek pořízen infračervenou kamerou ihned po sel. pájení

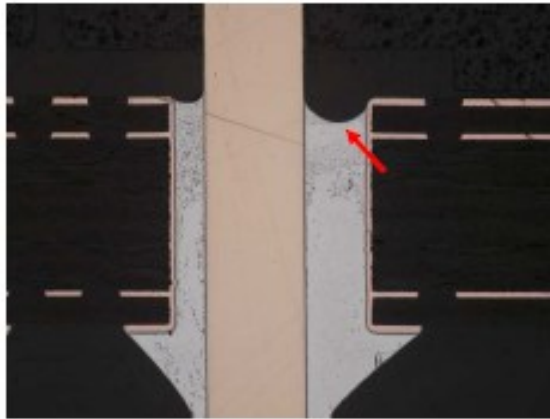
Vyskytující se vady před změnou pájecí trysky, které popisují v této kapitole, vidíme na obrázcích 26 – 29. Vadu pájeného spoje jsem pro lepší názornost vizualizoval červeně. Samozřejmě IPC norma připouští 75% propájení spoje, ale Continental norma pod tlakem zákazníků na vyšší kvalitu akceptuje minimum pro propájený spoj 100% s horní stranou DPS bez menisku, což v našem případě ne vždy splňujeme.



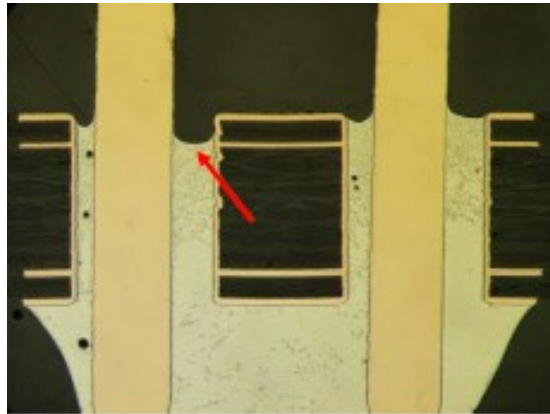
Obr. 26. Pájený spoj s vadou nepropájení po stranách



Obr. 27. Pájený spoj s vadou můstku (pohledová vada)



Obr. 28. Řez s vadou 1



Obr. 29. Řez s vadou 2

5.7 Návrh pájecí trysky pro pájecí nástroj

Pájecí nástroj je tvořen sadou trysek pro přísun tekuté pájky k pájeným místům na desce plošných spojů. Na základě diskuze s výrobcem zařízení fy SEHO a dlouhodobé zkušenosti technika v oblasti pájení jsou doporučeny 3 varianty pájecích trysek s použitím druhého postupu ukončení pájecího procesu, kdy před odjezdem výrobku z pájecí trysky, musí nejdříve klesnout pájecí slitina v trysce, tj. pájecí slitina nebude v kontaktu s výrobkem.

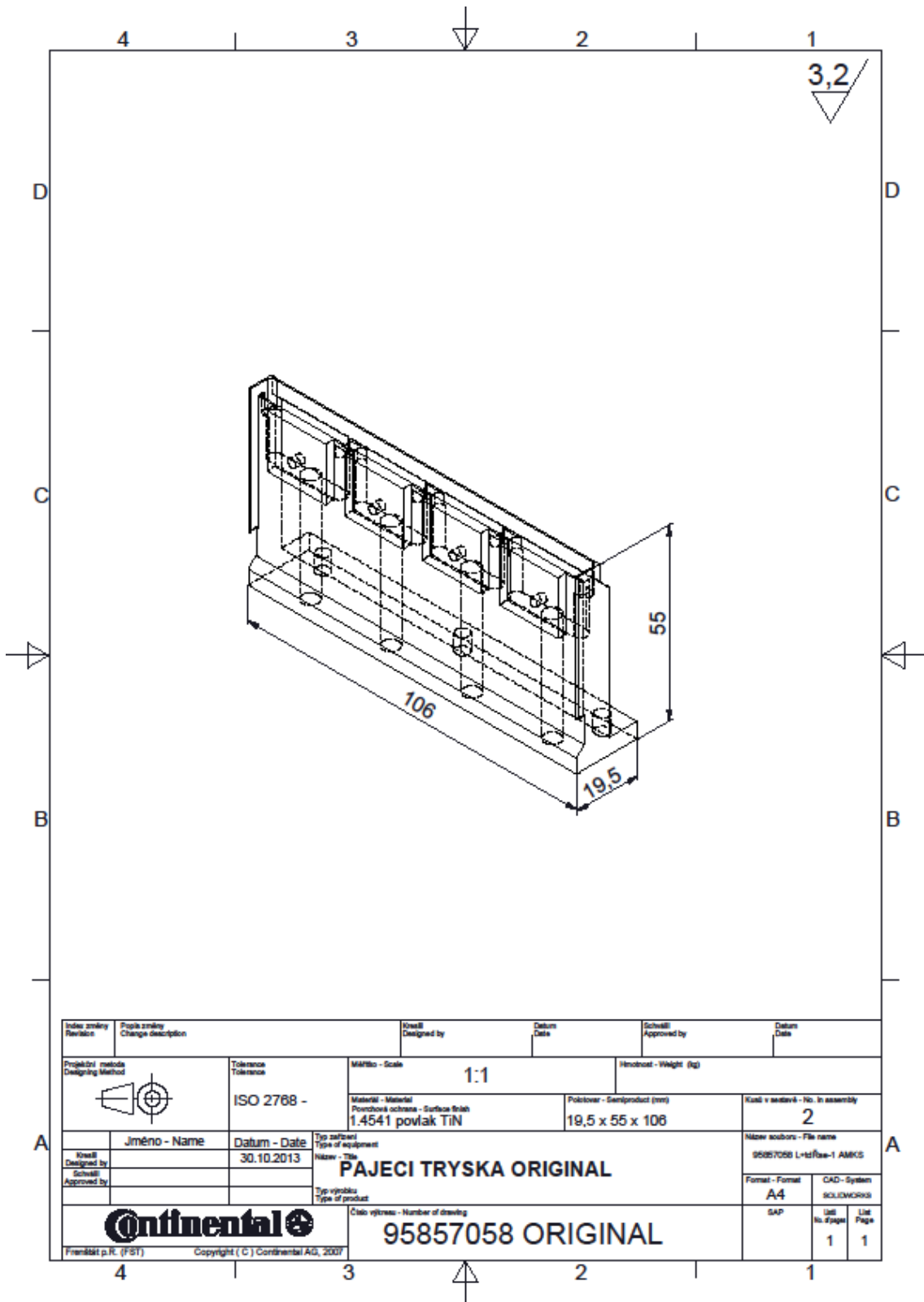
Korozi ocelových komínek způsobuje bezolovnatá pájecí slitina. Proto musí být pájecí komínky konstruovány z materiálu, který je vůči korozním účinkům slitiny imunní, např. titanu nebo z oceli s podmínkou, že bude povrch zušlechtěn tzv. teniferací. V našem případě pro ověření té či oné varianty designu trysky nám bude stačit vyrobit je z nerezové oceli.

5.7.1 Popis výroby pájecí trysky

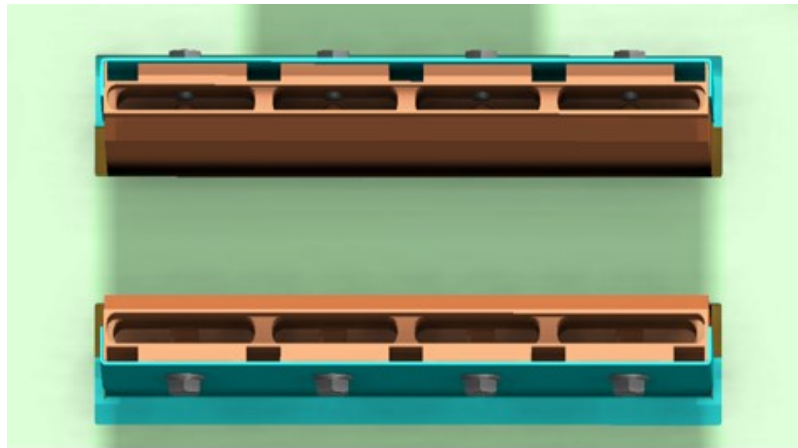
Výroba pájecí trysky podle zadaného výkresu je zajištěna externí firmou. Pro naše potřeby jsou vyrobeny testovací trysky varianty 1, 2 a 3 z nerezové oceli bez povrchové úpravy. Přistoupil jsem k tomuto kroku z finančního důvodu, protože výroba je levnější. Opatření trysky (koroze nástroje vlivem působení bezolovnaté pájecí slitiny) je v našem případě pro ověření stavu pájení zanedbatelné. Postup výroby trysky u externí firmy je následující: Nejprve se řezal přířez 20x65x110 mm z nerezové oceli 1.4541 (ISO 2768). Poté programátor připravil program pro CNC (číslicové řízení počítačem) obrábění z dodaného 3D modelu. Operátor CNC stroje upnul přířez a provedl kompletní výrobu dle zadaného programu stroje. Po dokončení obrábění na CNC stroji provedl operátor kompletní oještění a závitování. Technik kvality provedl přeměření.

5.7.2 Současná tryska

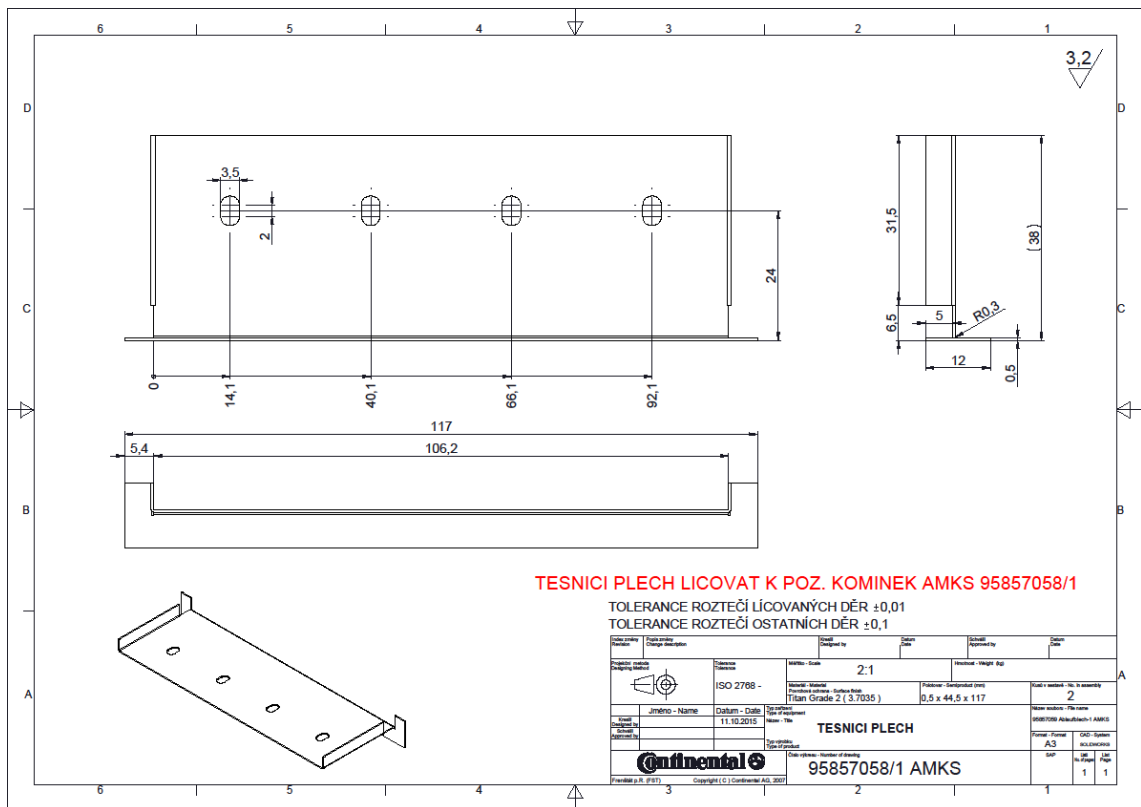
Současná pájecí tryska zaznamenává v procesu dobrý výsledek pájení v oblasti konektoru, ale v oblasti pájení vzduchových ventilků vykazuje tendenci k tvorbě pájecích můsteků (zkratů) a jiných vad. Tato tryska je vyrobena z nerezové oceli, ale vzhledem k možnému opotřebení v procesu (koroze nástroje vlivem působení bezolovnaté pájecí slitiny) je na ni provedena tzv. nitridace (povrchová úprava). Materiálové složení trysky je 1.4541, povlak TiN (ISO 2768). Součástí této trysky je i těsnící plech, který je součástí této trysky, ale i variant trysek 1, 2 a 3. Jeho úkolem je zakrýt vnější odtokové kanály, aby cín tekla uvnitř vnějšího kanálku a neulpíval v podobě kuliček na DPS a okolí. Materiál je Titan garden 2 3.7035 (ISO 2768). Výkres současné trysky a těsnícího plechu viz níže.



Obr. 30. Výkres pájecího nástroje (originál firmy SEHO)



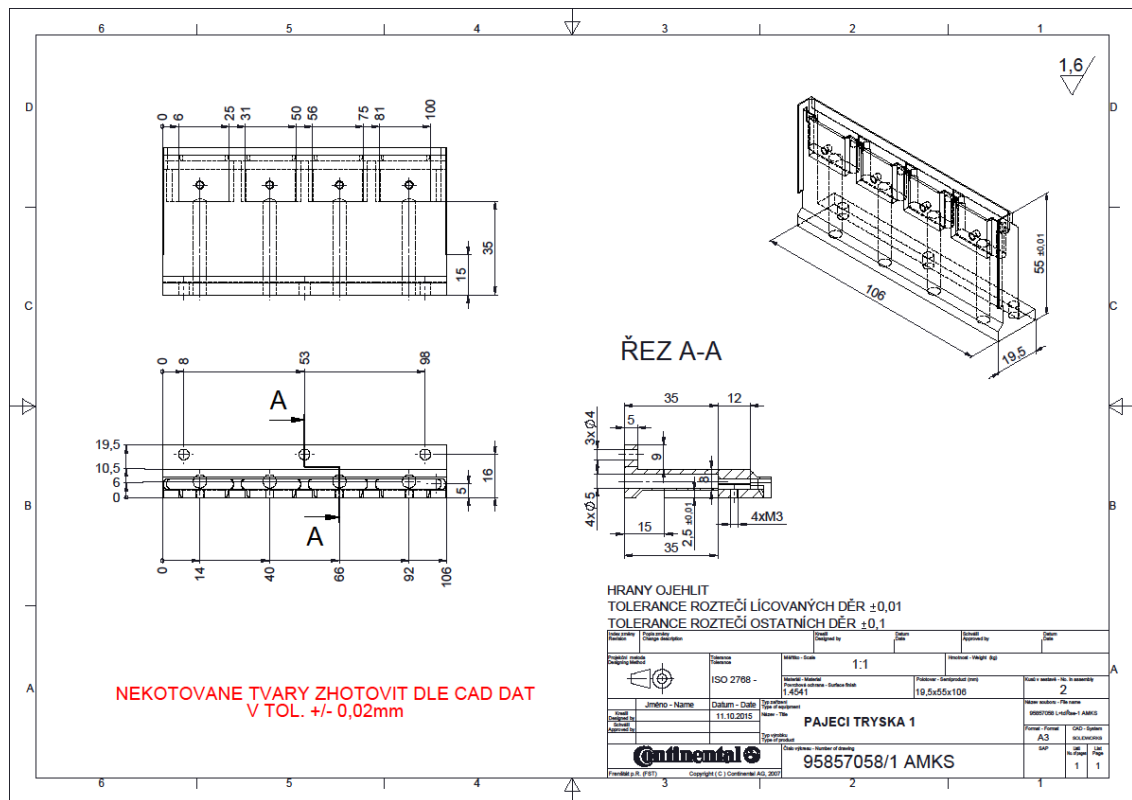
Obr. 31. Pájecí nástroj (originál firmy SEHO)



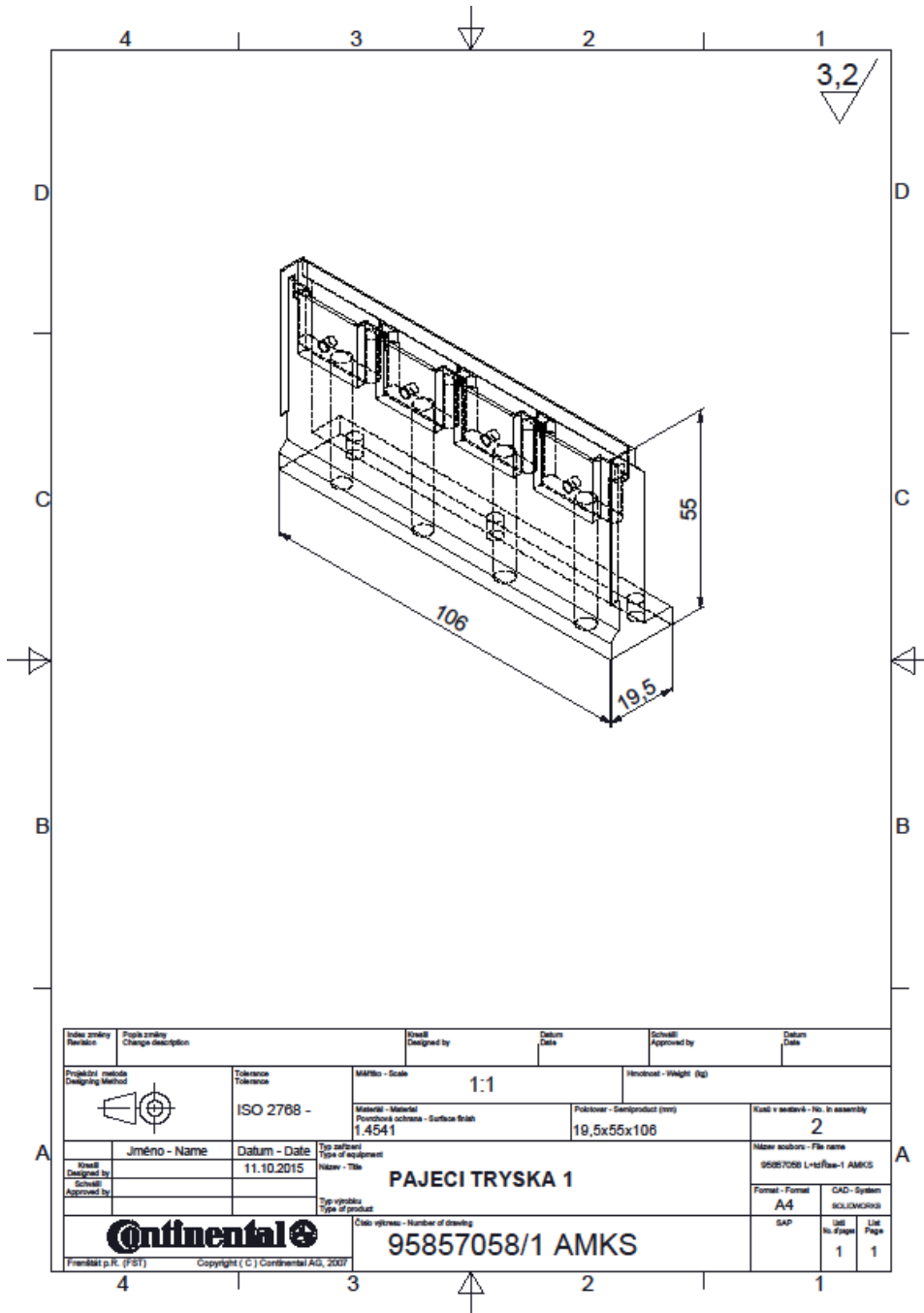
Obr. 32. Výkres těsnícího plechu

5.7.3 Varianta trysky 1

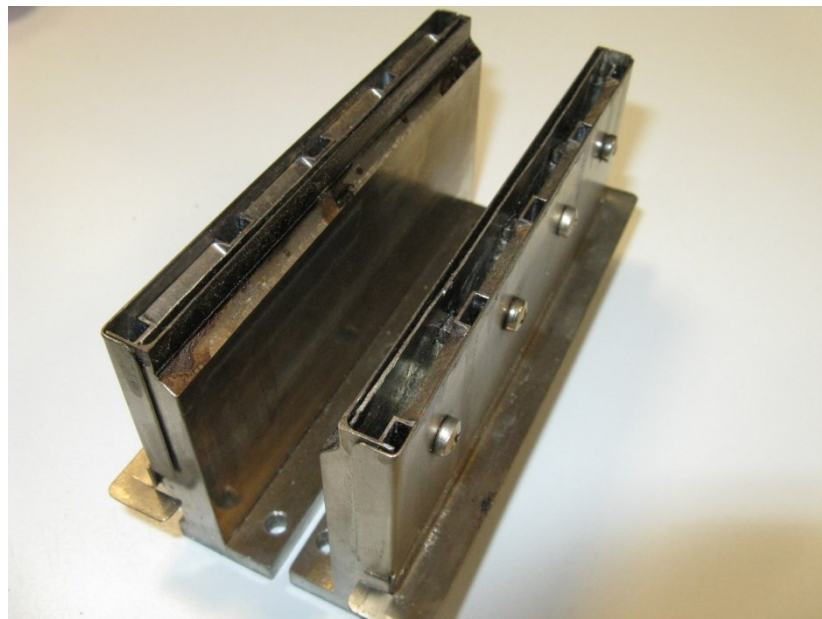
Nevýhodou této trysky je potřeba pravidelné výměny kovového plíšku (debridging plate) kvůli jeho korozi vlivem procesu. Bez použití neopotřeбенého plíšku nelze mít dobře zapájený spoj bez pájecích můstků mezi jednotlivými piny výrobku. Plíšek je vyroben z oceli, ale ne z nerezové, protože musí být trvale pocínován a tím na sebe váže nadbytečnou pájecí slitinu (můstek- zkrat). Otvory po straně trysky slouží k odtoku pájecí slitiny. Otvory uvnitř trysky slouží k přítoku pájecí slitiny. Tryska je vyrobena z nerezové oceli, vzhledem k ceně a neopotřeбенí v procesu (koroze nástroje vlivem působení bezolovnaté pájecí slitiny), které se neprojeví při našem ověření, je pro naše potřeby tento materiál dostačující. Materiálové složení je 1.4541 (ISO 2768). Výkres trysky viz níže.



Obr. 33. Celkový výkres pájecí trysky - varianta 1



Obr. 34. Výkres pájecí trysky - varianta 1

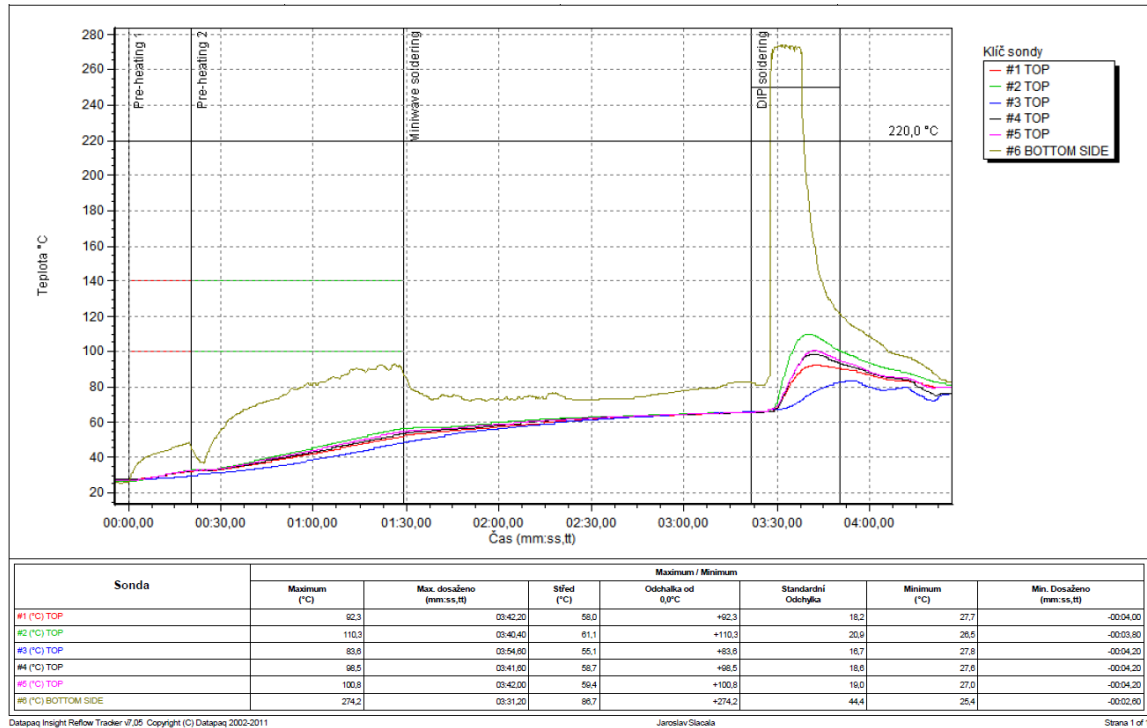


Obr. 35. Pájecí tryska - varianta 1



Obr. 36. Pájecí tryska - varianta 1 (detailní popis)

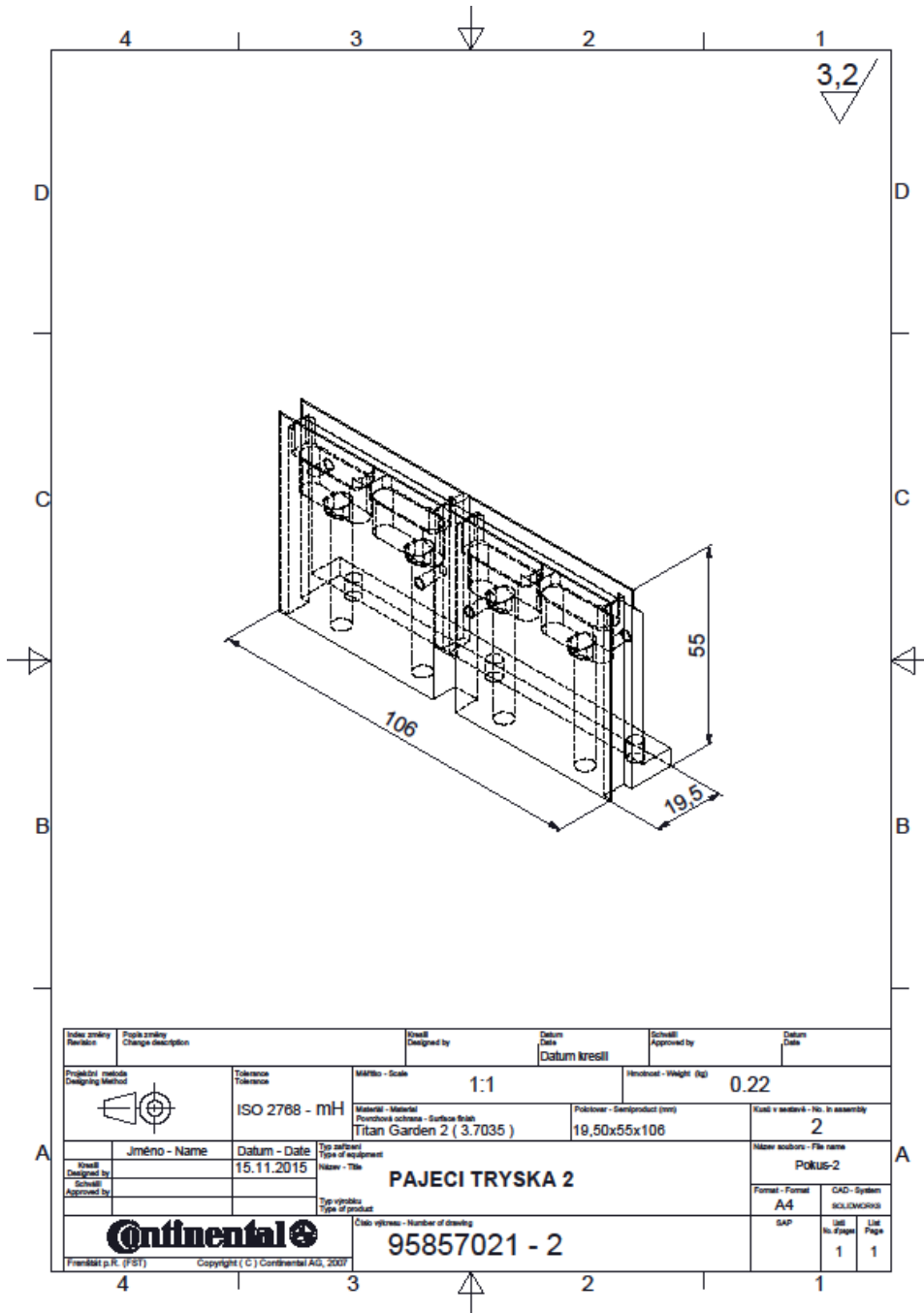
Provedený teplotní profil vykazuje požadované hodnoty. V grafu je znázorněna teplota v závislosti na čase jednotlivých senzorů postupně, jak měřený vzorek prochází předehřevem a pájecím nástrojem.



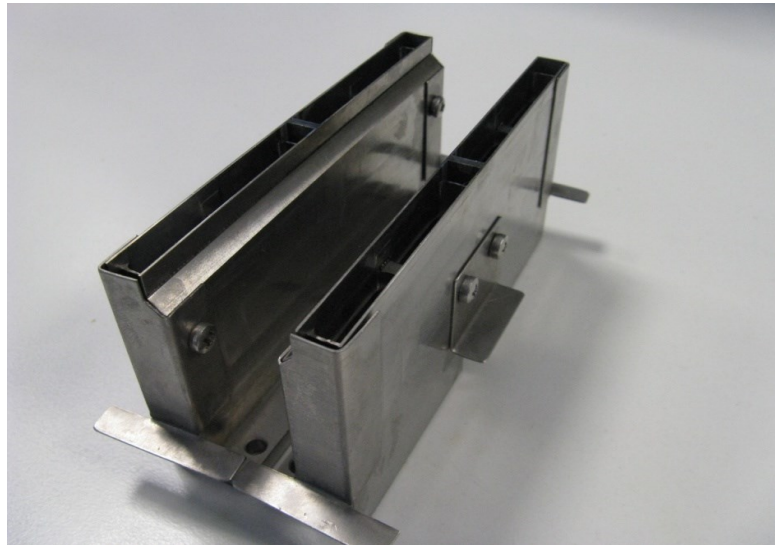
Obr. 37. Teplotní profil - varianty 1

5.7.4 Varianta trysky 2

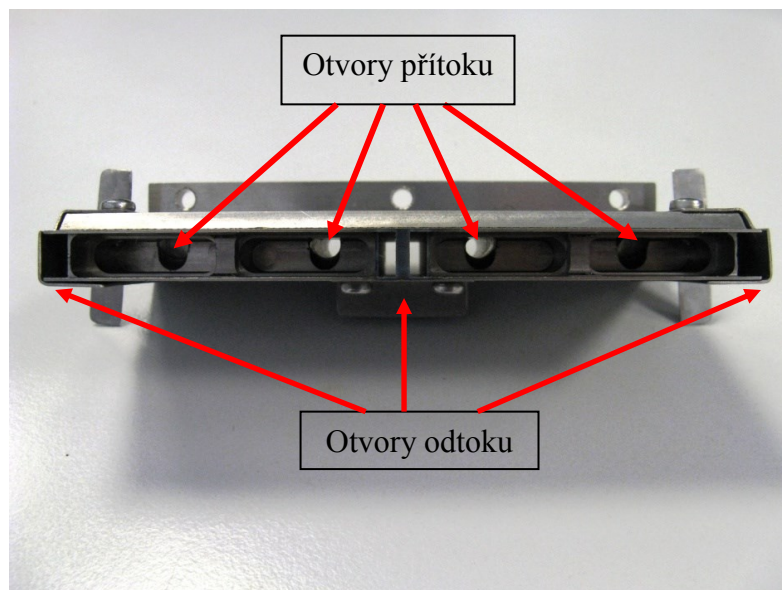
Změnou designu trysky 2 oproti trysce 1 jsme dosáhli toho, že není potřeba v procesu použít plíšek (debridging plate). Otvory uvnitř trysky slouží k přítoku pájecí slitiny a otvory po stranách slouží k odtoku pájecí slitiny, viz obr. 40. Touto koncepcí dochází k lepšímu propájení krajních pinů ventilků. Výsledkem jsou 100% pájené spoje bez vad. Tryska 2 je podobně jako tryska 1 vyrobena z nerezové oceli. Důvod použití je popsán v kapitole 5.7.3. Materiálové složení je 1.4541 (ISO 2768). Ve výkresu, který je součástí této práce, je již vyznačen materiál titan, jež jsme použili pro sériovou výrobu, protože titan odolává korozi bezolovnatou pájecí slitinou a nevyžaduje povrchovou úpravu teniferací. Materiál je Titan garden 2 3.7035 (ISO 2768). Výkres trysky viz níže.



Obr. 38. Výkres pájecí trysky - varianta 2

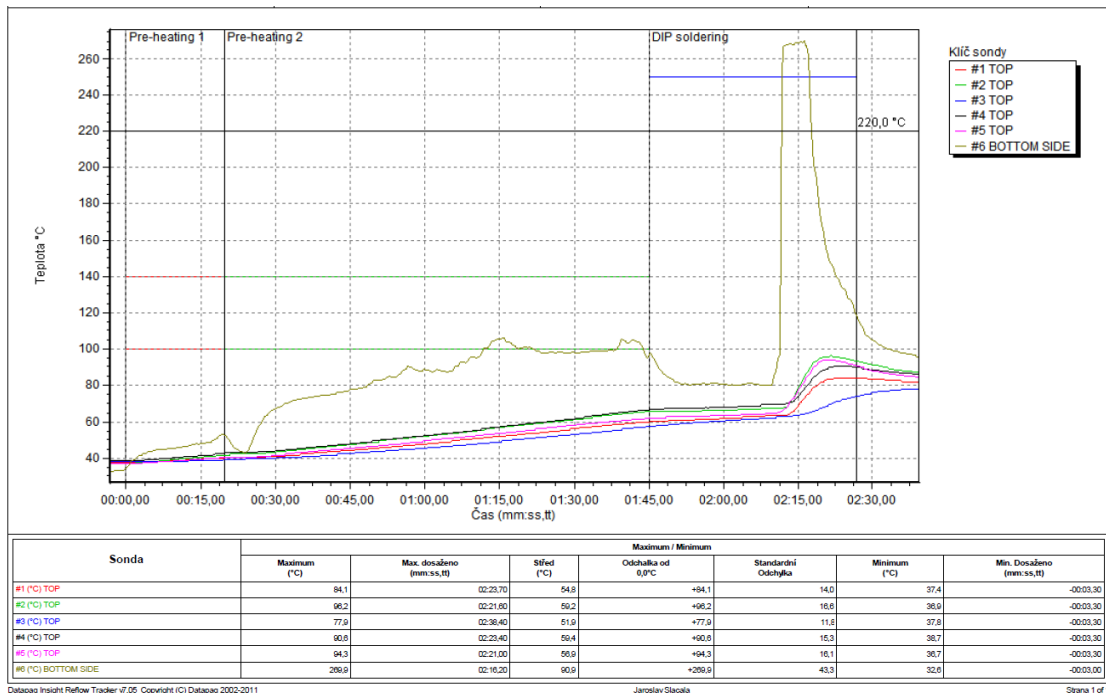


Obr. 39. Pájecí tryska - varianta 2



Obr. 40. Pájecí tryska - varianta 2 (pohled shora)

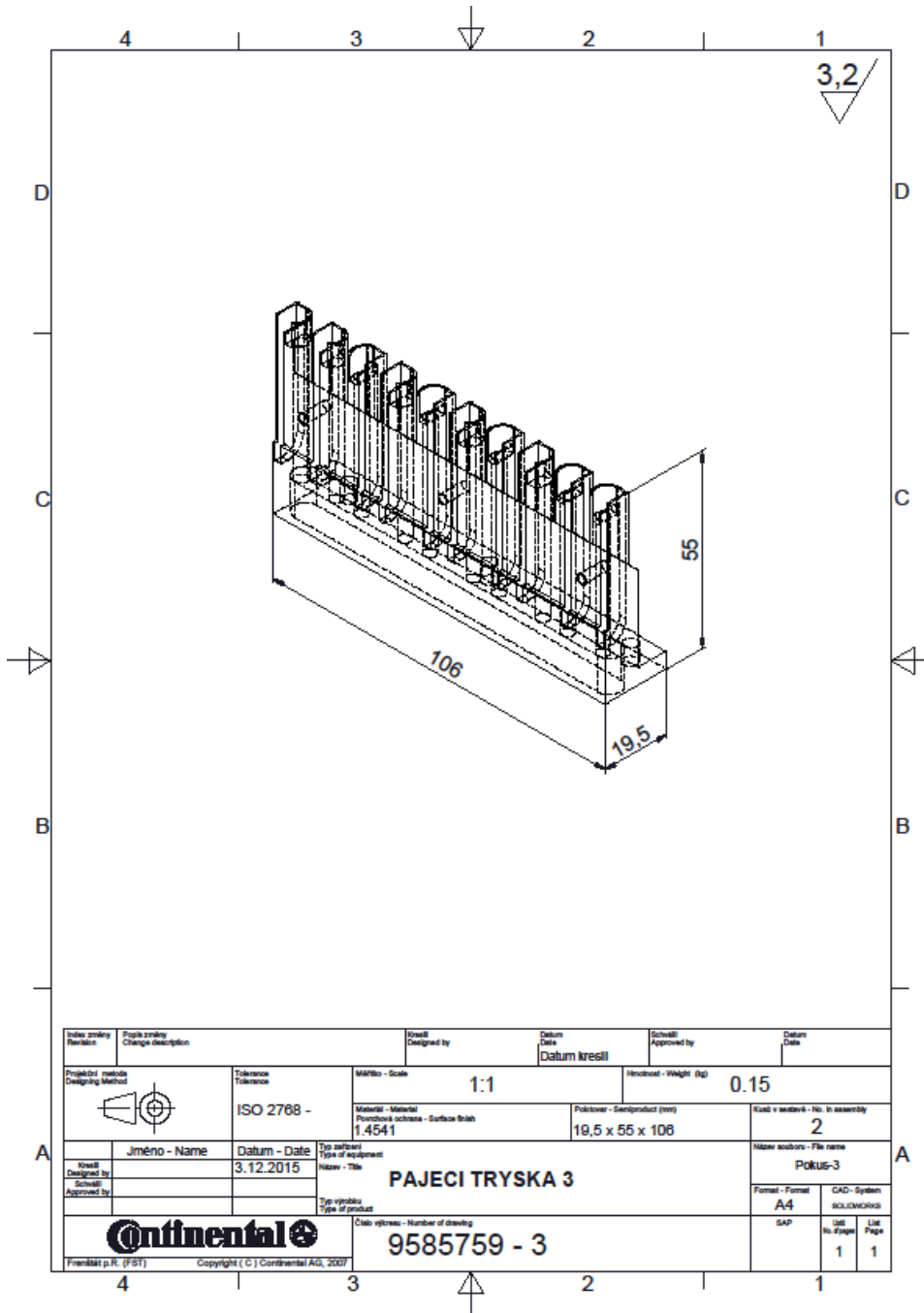
Provedený teplotní profil vykazuje požadované hodnoty dle zákazníka.



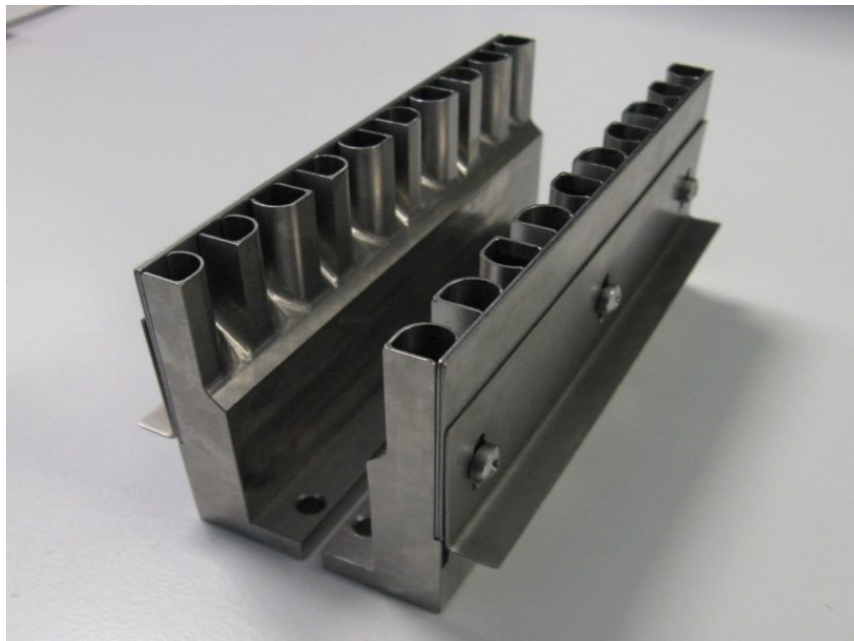
Obr. 41. Teplotní profil - varianty 2

5.7.5 Varianta trysky 3

Nevýhodou trysky 3 je potřeba pravidelné výměny kovového plíšku kvůli jeho korozi vlivem procesu. Bez použití neopotřeбенého plíšku nelze mít dobře zapájený spoj bez pájecího můstku mezi jednotlivými piny. U trysky 1 a 2 je celá velká plocha, tak jsme navrhli trysku, která má v součtu menší kontaktní plochu oproti trysce 1 a 2. Kontaktní plocha byla minimalizována, aby se snížil přenos tepla z pájecí slitiny na desku plošných spojů. Teplota na DPS se ale výrazně nesnížila. Nevýhoda je použití plechu jako ve verzi 1. Nakonec jsme od použití této varianty také upustili. Tryska 3 je podobně jako tryska 1 a 2 vyrobena z nerezové oceli. Důvod použití je popsán v kapitole 5.7.3. Materiálové složení je 1.4541 (ISO 2768). Výkres trysky je níže.



Obr. 42. Výkres pájecí trysky - varianta 3

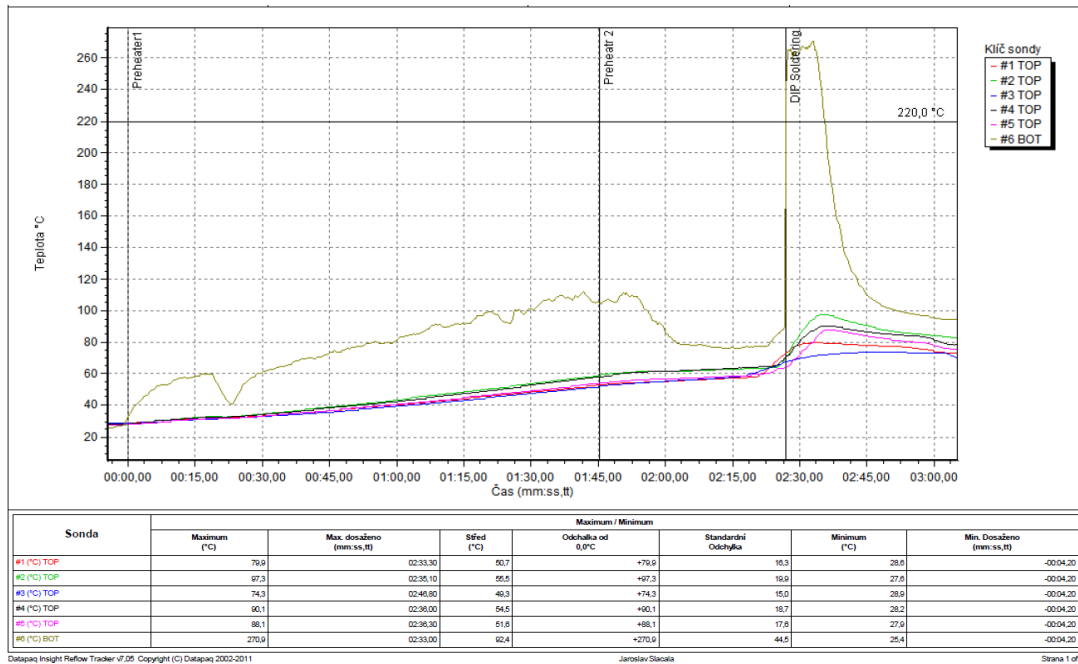


Obr. 43. Pájecí tryska - varianta 3



Obr. 44. Pájecí tryska - varianta 3 (pohled shora)

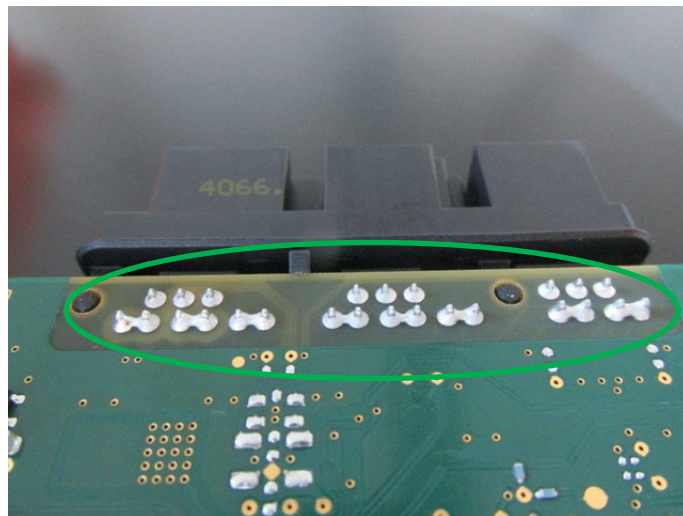
Provedený teplotní profil vykazuje požadované hodnoty dle zákazníka.



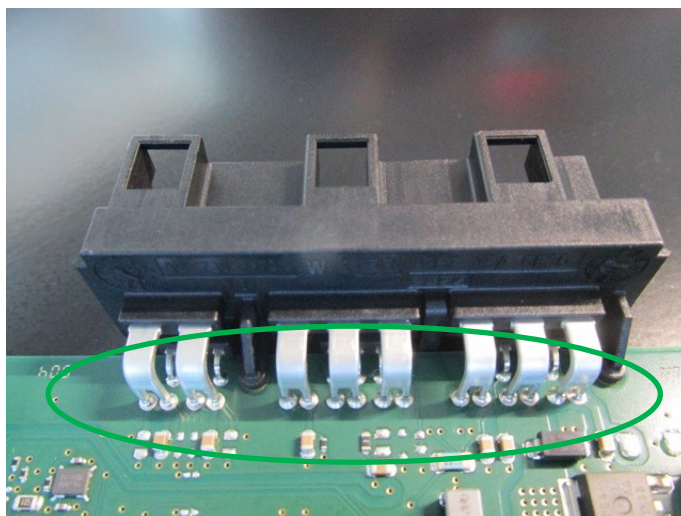
Obr. 45. Teplotní profil - varianty 3

5.8 Kontrolní měření pájených spojů při použití trysky 2

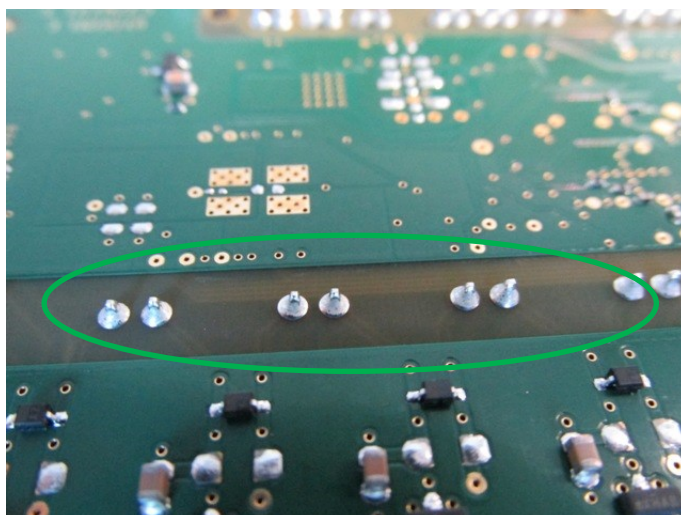
Stav pájených spojů po změně trysky je vidět na obrázku 46 – 48. Pro lepší názornost jsem místo spoje vizualizoval zeleně.



Obr. 46. Pájený spoj na konektoru zdola

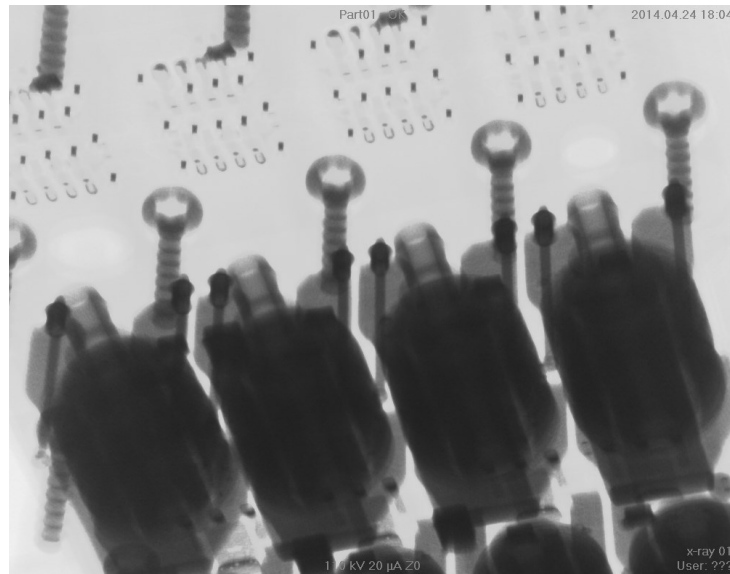


Obr. 47. Pájený spoj na konektoru shora



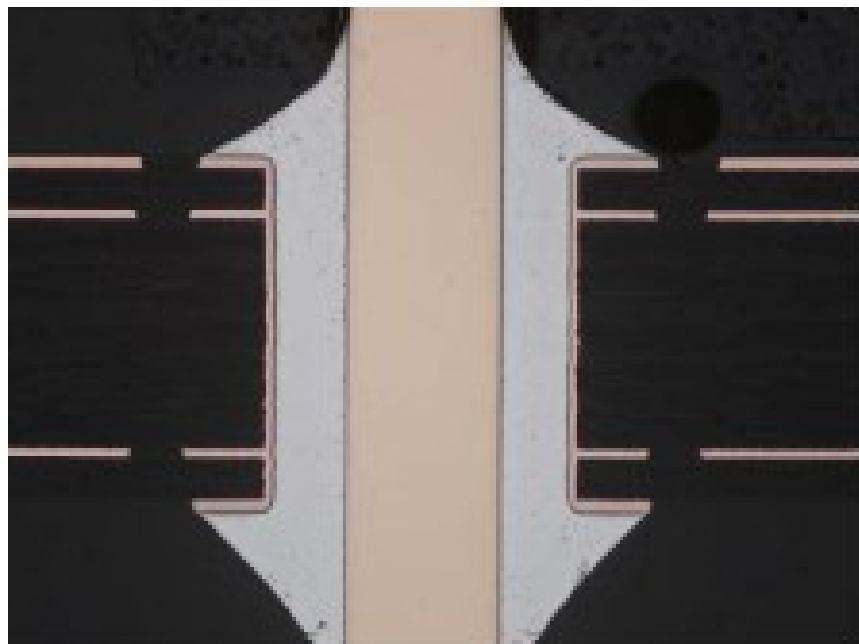
Obr. 48. Pájený spoj na ventilku

Stav pájených spojů jsem nechal posoudit na zařízení X-RAY (rentgenu) osobou proškolenou v posouzení stavu pájeného spoje. Výsledek vidíme na obr. 49. Stav pájených spojů byl vyhodnocen jako dobrý. Vady na výrobku se již nevyskytují.



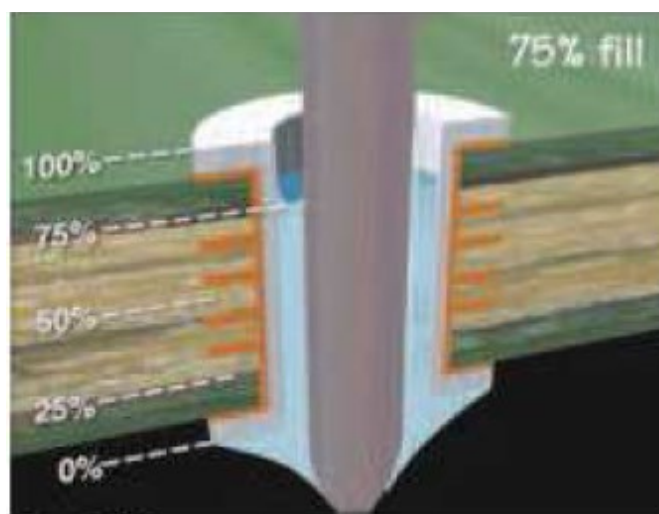
Obr. 49. Rentgen

Pájený spoj jsem si dále ověřil pomocí metody řezu. Vyrobil jsem si vzorky, viz kapitola 2.1 (odebrání vzorků, zalití do pryskyřice, rozřezání, broušení, leštění, leptání) a pomocí mikroskopu jsem si je nechal odborně posoudit, viz obr. 50.

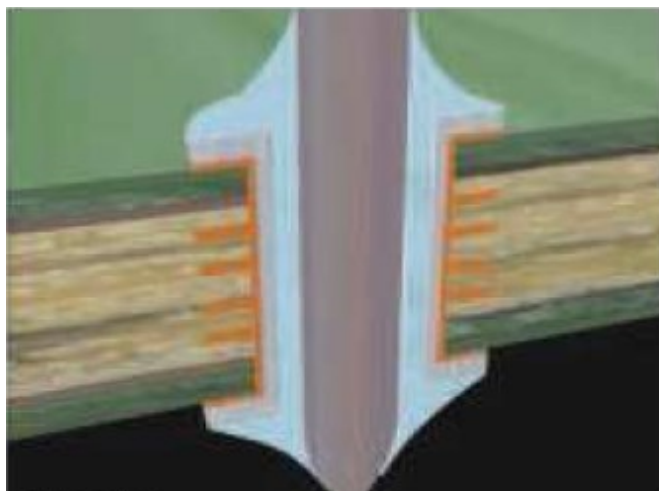


Obr. 50. Řez

IPC norma připouští 75% propájení spoje, ale Continental norma pod tlakem zákazníků na vyšší kvalitu akceptuje minimum pro propájený spoj 100% s horní stranou DPS bez menisku, viz obr. 51. Pokud dojde k propájení nad 100%, vznikne tzv. meniskus, viz. obr. 52. Výše uvedenou přísnější normu oproti IPC splňujeme.



Obr. 51. IPC norma



Obr. 52. IPC norma s meniskem

ZÁVĚR

Dlouhodobě jsem se zabýval myšlenkou, jak je možné zlepšit proces pájení z pohledu snížení častých zásahu údržby a servisu. Samozřejmě jsem také zohlednil hledisko snížení nákladu na šrotaci vlivem vady v podobě pájecích můstek, nedopájených spojů a jiných vad detekovaných po procesu pájení na AOI. Jakékoli přerušení výroby vlivem zásahu či výpadku má za následek snížení OEE (celková efektivnost zařízení) -> číslo skládající se z násobku procentuální dostupnosti zařízení, výkonu operátorů dle normy a kvality (chyby pájení). Důležité je zmínit i fakt, že jakékoli vady pájení už nelze znovu opravovat. Po detailním rozboru a sledování procesu jsem došel k závěru, že prostou změnou parametrů pájení nelze dosáhnout zlepšení kvality pájení (FPY). Měl jsem dvě možnosti postupu ukončení pájecího procesu. Ten první, že výrobek odjíždí od pájecí trysky v ose „Z“ v době, kdy je pájecí slitina stále ještě v trysce. Druhý se od prvního liší v tom, že před odjezdem výrobku z pájecí trysky, musí nejdříve klesnout pájecí slitina v trysce, tj. pájecí slitina není v kontaktu s výrobkem. První postup způsobil kvalitativní problém v oblasti konektoru, ale vzduchové ventily byly zapájeny bezchybně. Druhá varianta je přesný opak. Ani jednou možností jsem nemohl dosáhnout požadované kvality spoje. Další návrh na zlepšení byla změna designu výrobku nebo nástroje. Co se týká výrobku, tak změna již nebyla možná. Jako jediná možnost tedy zbyla změna designu trysky pájecího nástroje. Z tohoto důvodu jsem přistoupil ke změně pájecího nástroje. Navrhnul jsem 3 pájecí trysky dle domluvy s výrobcem zařízení, konstruktérem a technikem s dlouholetými zkušenostmi v oblasti pájení. Byly mi doporučeny 3 varianty, kterými jsem se detailně zabýval a popsal v kapitole 5.5.

Závěrem mohu doporučit trysku 2, u které není potřeba v procesu použít plíšek (debridging plate). Plíšek je totiž vyroben z oceli, ale ne z nerezové. Plíšek musí být trvale pocínován, aby na sebe nevázal nadbytečnou pájecí slitinu (můstek - zkrat). Tryska je vyrobena z materiálu Titan garden 2 3.7035 (ISO 2768), protože odolává korozi bezolovnatou pájecí slitinou a nevyžaduje povrchovou úpravu teniferací. Otvory uvnitř trysky slouží k přítoku pájecí slitiny a otvory po stranách slouží k odtoku pájecí slitiny. Touto koncepcí dochází k lepšímu propájení i krajních pinů ventilků. Výsledkem jsou 100% pájené spoje bez vad.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RUŽA, Viliam. *Pájení*. 1 vyd. Praha: SNTL, 1988. 452 s.
- [2] ABEL, Martin; CIMBUREK, Vladimír. *Bezolovnaté pájení v legislativě a praxi*. 1 vyd. Pardubice: ABE. TEC, 2005. 179 s. ISBN 80- 903597- 0- 1.
- [3] HLUCHÝ, Miroslav; KOLOUCH, Jan; PAŇÁK, Rudolf. *Strojírenská technologie* 2. 2 vyd. Praha: Scientia, 2001. 316 s. ISBN 80-7183-244-8
- [4] ŠANDERA, Josef. *Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž*. 1 vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 272 s. ISBN 80-7300-181-0.
- [5] ŠAVEL, Josef. *Materiály, technologie a výroba v elektronice a elektrotechnice*. 4 vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005. 320 s. ISBN 80-7300-190-X.
- [6] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2016-02-05]
Dostupné z WWW: <<http://www.mzp.cz/cz/legislativa>>
- [7] *Hakko* [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW:
<<http://www.hakko.cz/cs/eshop/>>
- [8] *LeadFree* [online]. [cit. 2016-02-05].
Dostupné z WWW: <<http://www.leadfree.org>>
- [9] *SMT centrum* [online]. [cit. 2016-02-05].
Dostupné z WWW: <<http://www.smtcentrum.cz/smt/>>
- [10] *Kirsten* [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.kirsten.cz>>
- [11] *Continental* [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW:
<http://www.continental-automotive.com/www/automotive_de_en/themes/passenger_cars/interior/body_security/pi_seat_conrol_en.html?page=1>
- [12] *Svařování* [online]. [cit. 2016-02-05].
Dostupné z WWW: <http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf>
- [13] *Metalografie* [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW:
<http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/fm_metalografie_1/teorie.htm>
- [14] *Pájení* [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW:
<<https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1jen%C3%AD>>
- [15] *Připojování součástek v elektronice* [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW:
<<http://www.telefon.unas.cz/sell/pipojovn.htm>>
- [16] *Technologické aspekty bezolovnatého pájení* [online]. [cit. 2016-02-05].

Dostupné WWW:

<http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/4703/kou%C5%99il_2007_bp.pdf?sequence=1>

[17] *Svářečky magazín* [online].

[cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW:

<<http://svarecky1.webnode.cz/news/jak-probiha-svareni-obalenou-elektrodou/>>

[18] Nanášení lepidla [online]. [cit. 2016-02-05].

Dostupné z WWW: <<http://www.smtcentrum.cz/lepidla-pro-smd/nanaseni-lepidla/>>

[19] *Práce s kovem* [online]. [cit. 2016-02-05].

Dostupné z WWW : <<http://www.1zdar.cz/soubor-32-32-368-.pdf>>

[20] *SMT technologie* [online]. [cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW:

<<http://www.amtest.cz/dodavatel/heller-industries>>

[21] *Rucni-naradi* [online].

[cit. 2016-02-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.rucni-naradi.cz/ferm-fsk-100>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DPS	Deska plošných spojů.
SMT	Technologie povrchové montáže.
SMD	Povrchová montáž součástek
BOT	Spodní strana desky plošných spojů
TOP	Horní strana desky plošných spojů
THT	Drátové součástky
AOI	Automatická optická inspekce po pájení
ICT	Obvodový kruhový test
RPM	Otáčky za minutu
IPC	Základní norma pro montáž elektronických sestav
SW	Software – programové vybavení
PC	Osobní počítač
OEE	Celková efektivnost zařízení
CNC	Číslicové řízení počítačem
FPY	Procento jednotek, které projdou napoprvé celým procesem bez defektu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Příklad svařování [12]</i>	13
<i>Obr. 2. Příklad svařování [17]</i>	14
<i>Obr. 3. Příklad lepení [18]</i>	14
<i>Obr. 4. Příklad nýtového spoje [19]</i>	15
<i>Obr. 5. Postup výroby vzorku [13]</i>	18
<i>Obr. 6. Typy vln [16]</i>	24
<i>Obr. 7. Blokové schéma procesu selektivního pájení</i>	25
<i>Obr. 8. Příklad pájecího nástroje minivlna</i>	25
<i>Obr. 9. Příklad pájecího nástroje DIP</i>	26
<i>Obr. 10. Příklad pájecího stroje pro přetavení [20]</i>	27
<i>Obr. 11. Příklad páječky [21]</i>	28
<i>Obr. 12. Schéma složení moderních tavidel [15]</i>	29
<i>Obr. 13. Pneumatický systém sedadla s řídicí jednotkou [11]</i>	31
<i>Obr. 14. Blokové schéma pájecího zařízení</i>	37
<i>Obr. 15. Řízení výšky vlny - blokové schéma</i>	38
<i>Obr. 16. Hydraulický systém (průřez)</i>	38
<i>Obr. 17. Složení celkového tlaku v čerpadle</i>	39
<i>Obr. 18. Princip kontaktování výrobku s vlnou</i>	40
<i>Obr. 19. Měřicí zařízení DATAPAQ Q18</i>	41
<i>Obr. 20. Teplotní profil</i>	42
<i>Obr. 21. Protokol vyhodnocení pájecí slitiny</i>	43
<i>Obr. 22. Deska plošných spojů TOP strana</i>	44
<i>Obr. 23. Deska plošných spojů BOT strana</i>	45
<i>Obr. 24. Snímek pořízen infračervenou kamerou ihned po předeřevu</i>	47
<i>Obr. 25. Snímek pořízen infračervenou kamerou ihned po sel. pájení</i>	47
<i>Obr. 26. Pájený spoj s vadou nepropájení po stranách</i>	48
<i>Obr. 27. Pájený spoj s vadou můstku (pohledová vada)</i>	48
<i>Obr. 28. Řez s vadou 1</i>	49
<i>Obr. 29. Řez s vadou 2</i>	49
<i>Obr. 30. Výkres pájecího nástroje (originál firmy SEHO)</i>	51
<i>Obr. 31. Pájecí nástroj (originál firmy SEHO)</i>	52
<i>Obr. 32. Výkres těsnícího plechu</i>	52

<i>Obr. 33. Celkový výkres pájecí trysky - varianta 1</i>	53
<i>Obr. 34. Výkres pájecí trysky - varianta 1</i>	54
<i>Obr. 35. Pájecí tryska - varianta 1</i>	55
<i>Obr. 36. Pájecí tryska - varianta 1 (detailní popis)</i>	55
<i>Obr. 37. Teplotní profil - varianty 1</i>	56
<i>Obr. 38. Výkres pájecí trysky - varianta 2</i>	57
<i>Obr. 39. Pájecí tryska - varianta 2</i>	58
<i>Obr. 40. Pájecí tryska - varianta 2 (pohled shora)</i>	58
<i>Obr. 41. Teplotní profil - varianty 2</i>	59
<i>Obr. 42. Výkres pájecí trysky - varianta 3</i>	60
<i>Obr. 43. Pájecí tryska - varianta 3</i>	61
<i>Obr. 44. Pájecí tryska - varianta 3 (pohled shora)</i>	61
<i>Obr. 45. Teplotní profil - varianty 3</i>	62
<i>Obr. 46. Pájený spoj na konektoru zdola</i>	62
<i>Obr. 47. Pájený spoj na konektoru shora</i>	63
<i>Obr. 48. Pájený spoj na ventilku</i>	63
<i>Obr. 49. Rentgen</i>	64
<i>Obr. 50. Řez</i>	64
<i>Obr. 51. IPC norma</i>	65
<i>Obr. 52. IPC norma s meniskem</i>	65

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Rozdělení tavidel dle normy EN 9454-1 [16]</i>	<i>30</i>
---	-----------