

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

1116311

**METÓDY VYHODNOCOVANIA KVALITY V SMT  
VÝROBNOM PROCESE**

**2010**

**Marián Bencz**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

**METÓDY VYHODNOCOVANIA KVALITY V SMT  
VÝROBNOM PROCESE**

**Bakalárska práca**

Študijný program:	Prevádzková bezpečnosť techniky
Študijný odbor:	2386700 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra kvality a strojárskych technológií
Školiteľ:	Ing. Rastislav Mikuš

**Nitra 2011**

**Marián Bencz**

## **Čestné vyhlásenie**

Dolu podpísaný Marián Bencz čestne vyhlasujem, že som bakalársku prácu na tému „Metódy vyhodnocovania kvality v SMT výrobnom procese“ vypracoval samostatne, a že som uviedol všetku použitú literatúru súvisiacu so zameraním bakalárskej práce.

Nitra, 5.máj.2011

.....

podpis autora BP

## **Pod'akovanie**

Touto cestou chcem vysloviť poďakovanie svojmu konzultantovi Ing. Rastislavovi Mikušovi za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej bakalárskej práce.

.....

podpis autora BP

## **Abstrakt**

Bakalárska práca sa zaoberá metódami na určovanie kvality v SMT výrobnom procese. Časť práce sa venuje popisu a charakteristike použitých technológií ktoré sme si vybrali na splnenie cieľov určených bakalárskou prácou. Vybrané technológie sme podrobne popísali a charakterizovali z hľadiska funkcie. Práca sa tiež venuje výrobnému procesu osádzania dosiek plošných spojov, automatickej optickej kontrole, kontrole výrobkov vyrobených v danom výrobnom procese s použitím röntgenu. Práca sa ďalej venuje analýze vzniknutých chýb a zároveň hľadá nápravné opatreniam ktoré by mali pomôcť zlepšiť kvalitu.

Kľúčové slová: kvalita, spájkovanie, výrobný proces.

## **Abstract**

Bachelor's thesis deals with methods to determine quality in SMT production process. Part of the work is paid to the description and characteristics of the technologies which we chose to achieve for bachelor thesis. Selected technologies are described in detail and describe in terms of function. Work is also be given to placing the production process of printed circuit boards, automated optical inspection, control of products produced in the manufacturing process by using X-ray. Work is also dedicated to the analysis the error while looking for corrective actions that would help improve quality.

Key words: quality, soldering, production process.

# OBSAH

<b>Zoznam skratiek a značiek.....</b>	<b>8</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky.....</b>	<b>10</b>
1.1 Charakteristika odvetvia elektrotechnického priemyslu .....	10
1.1.1. Charakteristika podľa Európskej Únie .....	10
1.1.2. Charakteristika Slovenského elektrotechnického priemyslu .....	10
1.2 Elektrostatické vybitie vo výrobe osádzania dosiek plošných spojov .....	13
1.3 Systém riadenia kvality vo výrobe DPS .....	14
1.4 Technológia osádzania dosiek plošných spojov - Surface Mount Technology .....	15
1.4.1. Historia.....	15
1.4.2. Charakteristika .....	16
1.5 Metódy vyhodnocovania kvality v SMT výrobnom procese .....	17
1.5.1. Automatická optická kontrola .....	17
1.5.2. Kontrola po nanášaní cínovej pasty.....	17
1.5.3. Kontrola po pretavení cínovej pasty.....	18
1.5.4. Kontrola s použitím röntgenu.....	18
1.6 Akceptovateľnosť elektronických zostáv podľa normy IPC-A-610E.....	19
1.6.1. Charakteristika .....	19
1.6.2. IPC-A-610E .....	19
1.7 Jednotlivé použité stroje popis a funkcia.....	20
1.7.1. Panasonic SP60 .....	20
1.7.2. Renesas BPC 707 .....	20
1.7.3. Panasonic CM402.....	20
1.7.4. Panasonic DT401 .....	21
1.7.5. Tamura TNP25.....	21
1.7.6. Marantz 22X.....	22
1.7.7. Mitutoyo Quick Vision .....	22
1.7.8. Röntgen Pony .....	23

<b>2</b>	<b>Cieľ práce .....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>Metodika práce.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>Výsledky práce .....</b>	<b>26</b>
4.1	Charakteristika vybranej firmy .....	26
4.2	Charakteristika zvoleného výrobku.....	28
4.3	Príprava a vyhotovenie meraní .....	29
4.4	Analýza výsledkov .....	32
	<b>Diskusia.....</b>	<b>33</b>
	<b>Návrhy na využitie výsledkov .....</b>	<b>34</b>
	<b>Záver.....</b>	<b>35</b>
	<b>Zoznam použitej literatúry .....</b>	<b>36</b>
	<b>Prílohy: .....</b>	<b>37</b>

---

## Zoznam skratiek a značiek

DPS	<b>D</b> oska <b>P</b> lošných <b>S</b> pojov
ESD	<b>E</b> lctrostatic <b>D</b> icharge
SMT	<b>S</b> urface <b>M</b> ount <b>T</b> echnology
THT	<b>T</b> hrough <b>H</b> ole <b>T</b> echnology



---

## Úvod

Človek žil celé tisícročia v prírode tak, že narúšal svojimi činnosťami rovnováhu prírody len nepatrne. V celom svojom vývoji sa človek prispôboval podmienkam prostredia ako ostatné živočíchy, ale na rozdiel od nich ich začal postupne aktívne meniť a prispôbovať svojim potrebám. Výraznejší vplyv na rovnováhu nastal až ťažbou rúd a ich spracovaním. Rozšírením poznania zákonitostí prírody, objavenie parného stroja a najmä výroba elektrickej energie, výrazne zmenili postavenie človeka v prírode. Zmenil svoj hodnotový systém, svoje schopnosti a vedomosti venuje uspokojovaniu neustále narastajúcim potrebám, ktoré sú spojené s neprestajným zdokonaľovaním technológií.

Rozvoj priemyslu zasahuje do života každého človeka. Súčasťou každodenného života ľudskej spoločnosti sa stali výrobky, ktoré získavame vďaka priemyslu. Požiadavky ľudí sú napĺňané pomocou rôznych sektorov priemyslu, v ktorých vidieť do akej miery nám zasahujú do života a na druhej strane v živote pomáhajú a zjednodušujú činnosti. Napríklad je to automobilový, chemický, informačný, letecký, mechanický, potravinársky a elektrotechnický priemysel.

Elektrotechnický priemysel má svoje významné, nezastupiteľné miesto a je na Slovensku v posledných rokoch charakterizovaný stabilným rastom. Odvetvie na našom území predstavuje významného dodávateľa pre automobilový priemysel, ktorý je jeho hnacím motorom a taktiež toto odvetvie predstavuje v súčasnosti jedného z najväčších zamestnávateľov.

Odvetvie vytvára pre napĺňanie požiadaviek a potrieb človeka výrobky, ktoré každodenne využíva vo svojej práci a domácnosti. Sú nimi kancelárske stroje a počítače, elektrické stroje, elektrické domáce spotrebiče (bielej techniky) rádiové, televízne a komunikačné zariadenia, meracie, testovacie, navigačné prístroje a zariadenia, zdravotnícke prístroje, hodiny a hodinky.

Technika sa tak zaradila do života každého z nás, že si už veľa činností nevieme bez nej predstaviť. Neustále vyvíjame, vylepšujeme a vytvárame nové techniky, ktoré nám napomáhajú a zjednodušujú život i prácu.

---

# **1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky**

## **1.1 Charakteristika odvetvia elektrotechnického priemyslu**

### **1.1.1. Charakteristika podľa Európskej Únie**

Podľa Európskej komisie (2010) sa elektrotechnický priemysel podieľa tromi percentami na výrobe, pridanej hodnote a zamestnanosti členských štátov EÚ-25. V roku 2004 vyrobilo 9615 elektrotechnických podnikov s najmenej 20 zamestnancami, ktoré priamo zamestnávajú 1 237 000 ľudí, elektrické prístroje a zariadenia v hodnote 192 870 miliónov EUR. Vzhľadom na svoje postavenie významného dodávateľa pre ostatné odvetvia je elektrotechnický priemysel veľmi citlivý na hospodárske cykly. Trh elektrotechnického priemyslu EÚ je najväčším svetovým trhom (181 miliárd EUR). Za ním nasleduje trh Spojených štátov amerických (96 miliárd EUR) a Japonska (84 miliárd EUR). V platnosti sú dve hlavné európske smernice, ktoré sa týkajú elektrických a elektronických zariadení z hľadiska zdravia, bezpečnosti a výkonnosti:

- smernica o nízkom napätí (LVD) 2006/95/ES
- smernica o elektromagnetickej kompatibilite (EMC) 2004/108/ES.

Vychádzajú zo zásad tzv. "nového prístupu", ktorý zabezpečuje vysokú úroveň ochrany. Stanovujú základné požiadavky, dobrovoľné uplatňovanie noriem a postupy hodnotenia zhody, ktoré sa majú uplatňovať. Vzhľadom na takmer absolútnu neprítomnosť zásahov tretích strán sa v procese hodnotení zhody výrazne znižuje bremeno výrobcu. Tento prístup sa považuje za vzor pre ostatné priemyselné odvetvia. Prostredníctvom opatrení uvedených vyššie a používania značky CE tieto smernice priamo a výrazne prispeli k jednotnému trhu elektrických a elektronických výrobkov.

### **1.1.2. Charakteristika Slovenského elektrotechnického priemyslu**

Podľa ministerstva hospodárstva a výstavby SR (2010) Slovenský priemysel zažíva od začiatku deväťdesiatych rokov minulého storočia štrukturálnu zmenu. Tá sa za ostatné roky zrýchlila aj vďaka dopadom hospodárskej krízy. Najväčšie kvalitatívne, ale aj kvantitatívne zmeny je badať najmä v elektrotechnickom priemysle. Toto odvetvie, ktoré tvorí jeden z podstatných pilierov priemyslu a celej slovenskej ekonomiky, zažíva obdobie veľkého rastu moderných podnikov spojeného s úpadkom výroby v rade zastaraných prevádzok. Ide najmä o prevádzky, ktoré po hlbokom útlme elektrotechnickej výroby v

---

prvej polovici deväťdesiatych rokov, kedy sa prejavilo zaostávanie domácej elektroniky za svetovými trendmi, toto odvetvie doslova držali nad vodou. Odvtedy vďaka veľkým fabrikám výrobcov káblových zväzkov a dnes najmä výrobcov televíznej techniky výkony odvetvia takmer nepretržite rastú. A to viac ako v ktoromkoľvek inom odvetví slovenského priemyslu. Rýchlo rastúce kvantitatívne ukazovatele elektrotechniky pred krízou predbiehali vývoj v ukazovateľoch efektivity, rentability či celkového významu odvetvia pre priemysel. Rok 2008 bol však z tohto pohľadu zvrátový, aj keď iba v častiach. Odvetvie síce mierne padlo, ziskovosť a pridaná hodnota sa však katapultovali na nové méty. To si zasa odniesla zamestnanosť s poklesom o vyše 15 percent. Je to opačný vývoj, na aký bola elektrotechnika zvyknutá, keď za ostatných desať rokov v elektrotechnickom priemysle na Slovensku tržby narástli vyše sedemnásobne a tvorba pridanej hodnoty zhruba štvornásobne. Rástol aj počet pracovníkov, v roku 2008 dokonca rýchlejšie ako tržby, pridaná hodnota či ziskovosť. Od roku 2008 sa zmenila kategorizácia štatistického sledovania priemyslu, elektrotechniku nevynímajúc. Zmena klasifikácie priniesla aj zmenu v štruktúre a umiestnení podnikov v subodvetviach. Elektrotechnika prišla zmenou klasifikácie o 39 podnikov z 221 v roku 2008, spolu s tým o 14 % tržieb a prepočítaný počet zamestnancov klesol o 27 tisíc zamestnancov (vyše jedna tretina). Nižší percentuálny odlev tržieb a vyšší odliv zamestnancov je spôsobený preradením väčšiny výrobcov káblových zväzkov do kategórie výroby motorových vozidiel a príslušenstva. V roku 2008 sa tak začína písať nová etapa sledovania vývoja odvetvia. Preto sa táto analýza iba jemne venuje detailnému číselnému vývoju pred rokom 2008. Skladba odvetvia sa už líši od minulosti a porovnávanie kvantitatívnych, kvalitatívnych či pomerových ukazovateľov by nebolo možné. Podľa nových údajov Štatistického úradu SR pôsobilo v elektrotechnickom priemysle v roku 2008 už 182 podnikov s 20 a viac zamestnancami. V roku 2009 to bolo o 188, čo iba potvrdzuje rastúci trend počtu podnikov (nie len príchodom nových investorov, ale aj rastom malých podnikov, ktoré tak začínajú spadať do štatistických zisťovaní). Z nových podnikov väčšinou ide o podniky zahraničných investorov. Viac firiem podniká iba v strojárstve a vo výrobe kovov a konštrukcií. Podľa súhrnných tržieb podnikov v ETP patrí odvetviu druhá priečka za strojárstvom, presnejšie výrobou áut. S vyše 43 tisíc pracovníkmi je elektrotechnika dokonca jeden z najväčších zamestnávateľov v priemysle, zamestnáva až 12 percent všetkých priemyselných pracovníkov. Tých v priemysle pracuje spolu 373 tisíc. Zároveň je a j druhým najvýznamnejším exportérom (za strojárstvom), s vyše štvrtinovým podielom na priemyselnom exporte Slovenska. Dokonca minulý rok historicky prvý krát bol elektrotechnický podnik –Samsung Electronics Slovakia –

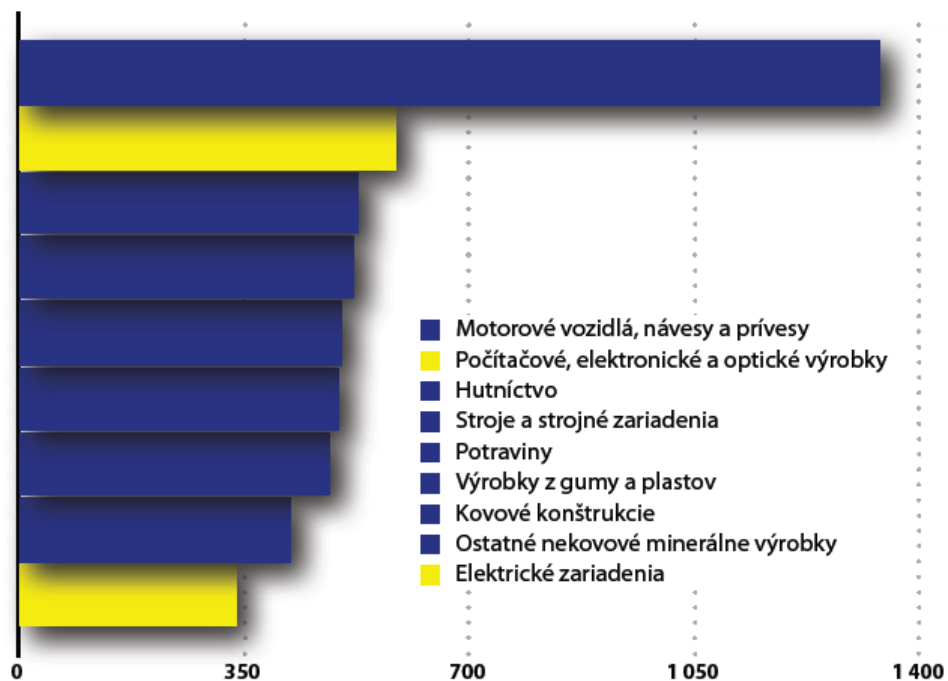
---

najväčším exportérom na Slovensku vôbec. Tu však treba podotknúť, že pri veľmi vysokom podiele dovážaných vstupov, ktorý výrazne znižuje čistý kladný príspevok odvetvia k obchodnej bilancii SR.

## Najväčšie odvetvia priemyselnej výroby

(zorané podľa pridanej hodnoty v roku 2009, mil. EUR)

Štatistický úrad SR



Obr. 1

### [Najväčšie odvetvia priemyselnej výroby SR za rok 2009]

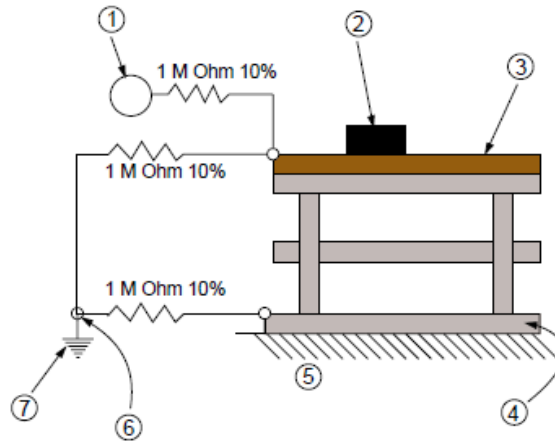
Podľa agentúry SARIO (2007) elektrotechnický priemysel má na Slovensku vytvorené predpoklady pre ďalší rýchly vývoj, pretože toto odvetvie predstavuje významného dodávateľa pre automobilový priemysel a tak isto predstavuje v súčasnosti jedného z najväčších zamestnávateľov v spracovateľskom priemysle. Je tvorcom druhého najväčšieho podielu pridanej hodnoty priemyselnej výroby. V slovenskom priemysle má svoje významné a nezastupiteľné miesto. Nezastavil sa ani príchod nových investorov, aj keď na tomto poli má už odvetvie najlepšie roky pravdepodobne za sebou. Príspevok novo prichádzajúcich investorov k dynamike odvetvia je v súčasnosti nízky, pod silný rast výkonov sa rozhodujúcou mierou podpisujú koncerny, ktoré sa o výhodách pôsobenia v SR už sami presvedčili a svoje tunajšie kapacity znásobujú.

---

## 1.2 Elektrostatické vybitie vo výrobe osádzania dosiek plošných spojov

Elektrostatické vybitie (ESD) je neodmysliteľnou súčasťou prostredia výrobných hál určených na osádzanie dosiek plošných spojov. Je to rýchly prenos statickej elektriny, elektrického náboja z jedného objektu na iný, ktorý bol vytvorený z elektrostatických zdrojov. Vo výrobe nie je dovolené, aby elektrostatický náboj prišiel do kontaktu s citlivými komponentmi, aby nedošlo k ich poškodeniu. V podstate na každom materiáli vzniká elektrostatický náboj. Najväčším generátorom sú silné izolanty, ako sú napríklad polystyrén alebo plasty a preto sa takéto materiály nesmú nachádzať v daných oblastiach. Najlepšia prevencia pred škodami vzniknutými vplyvom elektrostatického poľa je prevencia v podobe uzemnenia všetkých povrchov v priestoroch, kde sa môžu nachádzať citlivé komponenty. Veľký vplyv na tvorbu elektrostatického poľa má aj vlhkosť prostredia. Pri menšej vlhkosti sa tvorí silnejší elektrostatický náboj a pri väčšej vlhkosti sa tvorí menší. Preto je potrebné vo výrobných priestoroch regulovať vlhkosť (Voldman, 2004).

Citlivé komponenty a zostavy musia byť chránené pred statickými zdrojmi, ak sa práve nepoužívajú, v staticky bezpečnom prostredí. Je dôležité pochopiť rozdelenie troch druhov materiálov a to staticky tieneny, antistatický a materiál rozptyľujúci statický náboj. Staticky tieneny materiál je taký, ktorý predchádza vybitiu. Antistatický je taký materiál, ktorý nevytvára pri pohybe alebo manipulácii statický náboj, ale keď príde k nabitíu môže náboj prejsť cez tento obal na výrobok čo môže viesť k poškodeniu komponentov. Materiály, ktoré rozptyľujú statický náboj sú také, ktoré umožňujú vybitie. Len upravené pracoviská umožňujú bezpečnú prácu s citlivými komponentmi. Pracovné stoly a stoličky musia byť uzemnené tak, aby elektrický náboj mal kam odísť. Pracovník pracujúci na takomto pracovisku musí byť tiež vodivo spojený s pracoviskom a to pomocou pútko na ruke. Súčasne musia byť pracovníci chránení pred zlyhaním živých obvodov tak že sa medzi pracovisko a náramok vkladá odpor. Detailný príklad vybavenia pracoviska je možné vidieť na obrázku 2. Pracoviská je potrebné pravidelne kontrolovať pomocou meracích zariadení a nedošlo k poškodeniu citlivých komponentov vplyvom oxidácie kontaktov na uzemnení a podobne. V tabuľke 1 sú uvedené predpísané hodnoty (IPC-A-610E, 2005).



1. Náramok na zápästie
2. ESD krabička
3. ESD pracovný povrch
4. ESD ukončenie stola
5. ESD podlaha v budove
6. Uzemňovací bod
7. Uzemnenie

**Obr. 2**

**[ESD pracovisko, sériové pripojenie] Zdroj: IPC-A-610E**

**Tab. 1**

**[ESD pracovisko] Zdroj: IPC-A-610E**

Meranie medzi	Maximálny odpor	Maximálny čas 1s
Podlaha – Uzemnenie	1000 megohm	Menej ako 1s
Stôl – Uzemnenie	1000 megohm	Menej ako 1s
Zápästie - Uzemnenie	100 megohm	Menej ako 0,1s

### 1.3 Systém riadenia kvality vo výrobe DPS

Všetky úrovne organizácie musia dbať na spokojnosť zákazníka. Strategické ciele kvality musia byť založené na najvyššej podnikovej úrovni a musia byť súčasťou plánov spoločnosti podnikania. Toto poňatie strategických cieľov kvality je logickým dôsledkom pohybu, aby mala kvalita najvyššiu prioritu (Juran, 1992).

ISO/TS 16949 je systém manažérstva kvality, ktorý špecifikuje zvláštne požiadavky na používanie ISO 9001:2000 v organizáciách zabezpečujúcich sériovú výrobu a výrobu

---

náhradných dielov v automobilovom priemysle. Táto medzinárodná norma podporuje prijímanie procesného prístupu pri vývoji, uplatňovaní a zlepšovaní efektívnosti kvality s cieľom zvýšiť spokojnosť zákazníka plnením jeho požiadaviek. Aby organizácia fungovala efektívne, musí identifikovať a riadiť mnoho vzájomne prepojených činností. Činnosť, ktorá využíva zdroje a je riadená za účelom premeny vstupov na výstupy, môže byť považovaná za proces. Výstup z jedného procesu často priamo tvorí vstup pre ďalší proces. Aplikácie systému procesov v organizácii spolu s identifikáciou týchto procesov, ich vzájomným pôsobením a riadením môžeme nazývať procesný prístup. Výhodou procesného prístupu je nepretržité riadenie väzieb medzi jednotlivými procesmi v systéme procesov, ako aj ich kombinácií a vzájomnom pôsobení. Taký prístup, ak je použitý v systéme manažmentu kvality, zdôrazňuje dôležitosť

- a) pochopenia požiadaviek a ich plnenie,
- b) potreby zvažovať procesy z hľadiska pridanej hodnoty,
- c) dosahovanie výsledkov výkonnosti a efektívnosti procesov,
- d) neustáleho zlepšovania procesov na základe objektívneho merania.

(ISO/TS 16949:2002, 2002).

## **1.4 Technológia osádzania dosiek plošných spojov - Surface Mount Technology**

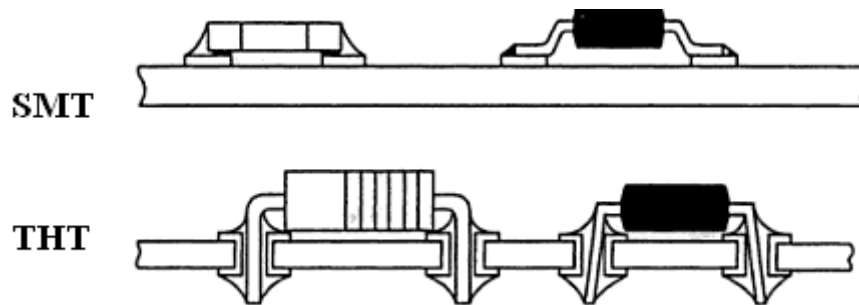
### **1.4.1. Historia**

Surface Mount technology (SMT) je revolučná zmena v elektronickom priemysle, ktorú vyvinuli v polovici šesťdesiatych rokov. SMT vyvinuli kvôli výhode umiestniť komponenty na oboch stranách dosiek plošných spojov (DPS). Avšak SMT začali firmy používať až o 15 rokov neskôr. Koncom sedemdesiatich rokov vtedajšia through hole technology (THT) narazila na rastúci problém s dodržaním neustálej potreby väčších hustôt osadenia DPS, predovšetkým z dôvodu zvyšujúcich sa nákladov na vŕtanie dier pre ich rastúci počet a ťažkosti s dosiahnutím menšieho rozostupu ako 2,5 mm. To bol dôvod, že záujem o SMT rýchlo rástol a mal potenciál uznávaný elektrotechnickým priemyslom. Na druhej strane to boli komerčne dostupné rôzne plastové puzdra komponentov, ako sú PLCC, SOIC, PQFP a SOT23. SMT sa stala praktickou voľbou. Od tej doby, SMT začala rýchly rozvoj a stala sa technológiou doby.

Môžu byť osádzané olovnaté alebo bezolovnaté komponenty na povrchu dosiek plošných spojov. SMT umožňuje vyšší stupeň automatizácie s vyššou hustotou obvodov,

---

nižším objem, nižšími nákladmi a lepším výkonom. Príklad spomenutých vlastností SMT v porovnaní s ekvivalentom THT je uvedený na obrázku 3, kde je preukázané až 90 percentné zníženie hmotnosti a objemu. Toto je osobitý záujem v letectve a počítačových aplikáciách. V skutočnosti, pri vysokej hustote vývodov, konvenčné THT je nielen drahšie, ale je tiež nevyrobiteľné. Medzi ďalšie výhody SMT patria nižšie náklady na prepravu, skladovanie komponentov a požiadavky na výrobné priestory a vybavenie (Lee, 2002).



Obr. 3

[Grafické porovnanie SMT a THT] Zdroj: Lee, 2002

#### 1.4.2. Charakteristika

Podľa Harpera (2003) ako už názov napovedá, SMT je v podstate aplikácia vedy a inžinierskych princípov na zostavenie dosiek plošných spojov. Hoci sa toto poňatie zdá byť jednoduché, vplyv na kvalitu výroby je obrovský a to nielen na komponenty a dizajn, ale aj na materiály a vybavenie. Ku špecifickým výhodám SMT montáže v súvislosti s Through Hole technológiou patrí:

- väčšia hustota osadenia DPS,
- zmenšenie rozmerov komponentov,
- zmenšenie rozmerov DPS,
- zredukovanie hmotnosti,
- skrátenie vývodov,
- skrátenie prepojenia,
- zlepšenie elektrického výkonu,
- uľahčenie automatizácie,
- menšia cena pri veľkej výrobe.

Podľa Prasada (1997) SMT nie je technológia zajtrajška, ale dneška, ktorá umožňuje produkovať miniatúrne výrobky. Hoci SMT je vyspelá technológia ešte stále sa vyvíja.



---

Dôkazom čoho sú neustále nové puzdra komponentov. Aby bolo možné zaviesť túto technológiu, musí byť vybudovaná kompletná infraštruktúra. To si vyžaduje veľké investície nie len do vybavenia ale aj do ľudských zdrojov.

## **1.5 Metódy vyhodnocovania kvality v SMT výrobnom procese**

### **1.5.1. Automatická optická kontrola**

Potreba kontroly existuje vo väčšine výrobných procesov, a to najmä v automobilovom priemysle, kde platia tvrdé štandardy kvality a bezpečnosti. Potrebný je spoľahlivý systém automatickej optickej kontroly, ktorý poskytuje maximálne pokrytie a kontrolné meranie spätnej väzby do procesu (Omron Corporation, 2011).

Elektrotechnický priemysel používa automatickú optickú kontrolu v každom kroku procesu pre výrobu dosiek plošných spojov (DPS) ako je kontrola chýb nanášania cínovej pasty, kontrola chýb umiestnenia komponentov po osadení na DPS a kontrola chýb osadenia a cínovania po pretavení. Automatická optická kontrola používa CCD kamery ktoré môžu byť skombinované s laserom, aby mohli pomocou softvéru zobrazovať hodnoty z-ovej osi. Stroje používané na automatickú optickú kontrolu DPS pracujú s atributívnymi hodnotami, to znamená že pracujú s dátami, ktoré sa vzťahujú k danej vlastnosti. Nadobúdajú len dve hodnoty, prijateľné - neprijateľné. Všetky tieto stroje používajú na pohyb kamery v X,Y a Z osiach krokové motory alebo AC servo motory (Nof, 1997).

### **1.5.2. Kontrola po nanášaní cínovej pasty**

Kontrola dosiek plošných spojov ihneď po nanášaní cínovej pasy má rad výhod. Hlavnými výhodami sú okamžitá spätná väzba, ľahká a lacná oprava DPS. Oprava v tejto časti procesu znamená umytie cínovej pasty z DPS a vrátenie DPS do procesu výroby. Táto kontrola eliminuje mnoho chýb v nasledujúcej časti výroby. Podľa niektorých výrobcov má zlé nanesenie cínovej pasty za následok až 80 percent všetkých chýb v SMT procese. Nanosené množstvo cínovej pasty sa môže kontrolovať dvoma spôsobmi. Priamo vo výrobnej linke alebo na externom pracovisku. Výhodou kontroly priamo v linke je to, že má technik alebo operátor na linke okamžitú spätnú väzbu, ak sa zhorší kvalita nanášania cínovej pasty. Kontrolné zariadenia môžu byť v dvoch základných prevedeniach a to 2D, ktoré kontrolujú len plochu nanesej pasty a 3D, ktoré kontrolujú aj výšku

---

nanesenej cínovej pasty. Tolerancia výšky nanesenej cínovej pasty býva od -20 do +20  $\mu\text{m}$  od hrúbky šablóny. Tieto stroje sa programujú pomocou takzvaných gerber dát, ktoré sa používajú tiež pri výrobe šablón na potláčanie pasty, čiže kontrolovaná oblasť je totožná so šablónou. Stroje na vyhodnocovanie kvality nanášania cínovej pasty vyhodnocujú nie len to, či je množstvo nanesenej pasty v rozmedzí od 80% do 120%, ale aj to, či je proces štatisticky pod kontrolou to znamená, že generujú CP a CPK.

Kontrola v tejto fáze sa vykonáva pre rad typov porúch:

- málo cínovej pasty na plôškach môže byť, ak sa upchá otvor na šablóne;
- veľa jej môže byť vtedy, ak sa dostane nečistota medzi šablónu a DPS;
- skraty môžu vniknúť, ak nie je správna viskozita cínovej pasty;
- posunutie motívu môže nastať, ak sa pohne šablóna alebo DPS počas tlače.

### **1.5.3. Kontrola po pretavení cínovej pasty**

Ak už boli komponenty osadené na DPS, tak kontrola hľadá rad možných chýb po pretavení cínovej pasty. Systém automatickej optickej kontroly (AOK), je systém, ktorý na DPS kontroluje prítomnosť komponentov, ich posunutie, nesprávny typ komponentu, texty, polarity, nadbytočné komponenty a predmety na DPS (ako napríklad cínové guľičky alebo škrabance). Kontroluje taktiež správne spájkovanie komponentov alebo prípadné skraty (Scheiber, 2001).

### **1.5.4. Kontrola s použitím röntgenu**

Röntgen je momentálne najrýchlejšie napredujúca technológia kontroly kvality spájkovania výrobkov z SMT procesu výroby. Röntgen dokáže zachytiť také chyby, ktoré sú za hranicami možností optických systémov. Napríklad, ak sú osadené komponenty na viac vrstvou DPS z oboch strán tak pomocou röntgenu, môžeme skontrolovať vrstvy v DPS. Je to jediná technológia, ktorá dokáže kvantitatívne analyzovať a vyhodnotiť vyvzlínanie spájky. Výsledok kontroly môže identifikovať problémy s nanášaním cínovej pasty alebo s osádzaním komponentov (Scheiber, 2001).

---

## **1.6 Akceptovateľnosť elektronických zostáv podľa normy IPC-A-610E**

### **1.6.1. Charakteristika**

IPC je globálna obchodná asociácia, ktorá sa venuje podpore konkurenčnej dokonalosti a finančných úspechov firiem, ktoré reprezentujú všetky aspekty elektrotechnického priemyslu, vrátane návrhu, výroby plošných spojov a montáže elektroniky. Pri sledovaní cieľov sa IPC venuje zlepšeniu riadenia, programov, technológií vylepšenia, vytvoreniu príslušných noriem a ochrany životného prostredia.

### **1.6.2. IPC-A-610E**

IPC-A-610E je zbierka vizualizovaných noriem pre elektrotechnický priemysel, ktoré sú rozdelené do troch tried ktoré určujú prípustnosť určitých nepresností pre rozdielne odvetvia elektrotechnického priemyslu.

- Do triedy číslo jedna patri spotrebná elektronika, ktorá zahŕňa výrobky vhodné pre aplikácie, kde hlavná požiadavka je funkčnosť finálneho výrobku.
- Do triedy číslo dva patri servisná elektronika, ktorá zahŕňa elektroniku, kde hlavná požiadavka je nepretržitý chod.
- Do triedy číslo tri patri elektronika, ktorá zahŕňa najpokročilejšie technológie, kde nie je prípustná žiadna porucha. Trieda číslo tri sa aplikuje napríklad v automobilovom priemysle, zdravotníctve, letectve a podobne.

Táto norma je medzinárodne uznaná

IPC-A-610E je najrozšírenejšia norma pre montáž elektroniky na svete. Je určená pre všetky výrobné oddelenia, IPC-A-610E ilustruje spracovanie kritérií pre elektronické zostavy cez plne farebné fotografie a ilustrácie. Témy zahŕňajú prílohy DPS, olovnaté, bezolovnaté, orientácie a spájkovacie kritériá pre THT, SMT, mechanické montáže, čistenie, značenie, nátery a laminátové požiadavky.

IPC-A-610E je neoceniteľným prínosom pre všetkých operátorov, inšpektorov a učiteľov. Posledná revízia má 809 fotografií a ilustrácií kritérií prijateľnosti, 165 je nových alebo aktualizovaných. Dokument je zosynchronizovaný s požiadavkami vyjadrenými v iných dokumentoch (IPC-A-610E, 2010).

---

## 1.7 Jednotlivé použité stroje popis a funkcia

### 1.7.1. Panasonic SP60

Ponasonic SP60 je stroj ktorý sa používa na nanášanie cínovej pasty. Programuje sa pomocou softvéru PT200. Pracuje na princípe sieťotlače, to znamená že cez vopred zhotovenú šablónu sa pomocou stierok nanáša cínová pasta. Hrúbka tejto šablóny určuje výšku nanesenej cínovej pasty ale pri hrúbke treba brať do úvahy hrúbku zelenej masky a tiež popisu na DPS. Názorná ukážka je na obrázku v prílohe.

### 1.7.2. Renesas BPC 707

Renesas BPC 707 je 2D stroj, ktorý slúži na optickú kontrolu nanesenia cínovej pasty. Programuje sa importovaním GBR dát ktoré slúžia tiež na výrobu šablóny na nanášanie cínovej pasty. Počas výroby prerátava index spôsobilosti CP a CPK. Fotografiu stroja je možné vidieť na obrázku 4.



Obr. 4

[Renesa BPC 707]

### 1.7.3. Panasonic CM402

Panasonic CM 402 je SMT osádzací stroj, ktorý slúži na osadenie menších komponentov pri vysokej rýchlosti. Programuje sa pomocou softvéru PT 200

---

importovaním súradníc najbežnejšie v textovom formáte. Pracuje na princípe, že pomocou vákuua zdvihne komponent z podávača, prejde s ním ponad kameru ktorá ho zosníma, stroj potom urobí potrebné korekcie a nakoniec ho osadí.

#### 1.7.4. Panasonic DT401

Panasonic DT401 je osádzací stroj, ktorý slúži na osadenie väčších komponentov pri menšej rýchlosti ako CM402. Ako doplnkovú metódu na snímanie komponentov má stroj DT401 zabudovaný laser ktorý kontroluje koplanaritu vývodov zložitejších komponentov. Inak je všetko rovnaké ako na stroji CM402.

#### 1.7.5. Tamura TNP25

Tamura TNP25 je pec, ktorá slúži na pretavenie cínovej pasty. Má 8 výhrevných zón z vrchnej aj spodnej strany a 2 chladiace zóny ktoré sú napojené na externú klimatizačnú jednotku. Pre bezolovnaté produkty ma možnosť použiť dusíkovú ochrannú atmosféru s reguláciou PPM kyslíka. Na dopravu DPC cez pec slúži reťazový dopravník.

Na kontrolu správnosti teplotného profilu sa používa zariadenie SlimKic 2000. Toto zariadenie je znázornené na obrázku 5. Zariadenie pracuje tak, že na konkrétny výrobok sa umiestnia senzory na vybraté pozície a zariadenie sa potom vloží spolu s vybratou DPS na dopravník pece, nechá sa prejsť cez pec a zariadenie nahrá do pamäte priebeh teplôt. Potom sa pripojí k počítaču, kde sa stiahnu namerane údaje a softvér Kic2000 vyhodnotí teplotný profil.



Obr. 5

[SlimKic 2000]

---

### 1.7.6. Marantz 22X

Je to stroj ktorý slúži na automatickú optickú kontrolu osadených a pretavených DPS. Programuje sa pomocou vyexportovaných dát zo softvéru PT 200. Pracuje na princípe porovnávania vzorových obrázkov s aktuálnymi na DPS.

### 1.7.7. Mitutoyo Quick Vision

Mitutoyo Quick vision je bezdotikové 3D zariadenie. Dá sa naprogramovať tak meralo samé. Pracuje na princípe prerátavania súradníc ktoré berie z N-kóderov AC servo motorov. Vie pracovať s presnosťou 0,0001 mm, čo sa ale v praxi nevyužíva. Zariadenie je znázornené na obrázku 6.



Obr. 6

[Mitutoyo Quick Vision]

---

### 1.7.8. Röntgen Pony

Röntgen Pony je zariadenie ktoré využíva ionizačné žiarenie. Má výkon 10W pri 90kV/0,25A. Žiarič sa dá natáčať o 50° čo umožňuje kontrolu kvality aj pod rôznymi uhlami. Röntgen Pony je znázornený na obrázku 7.



Obr. 7

[Röntgen Pony]

---

## 2 Cieľ práce

Hlavným cieľom predkladanej bakalárskej práce je analýza výrobného procesu osádzania dosiek plošných spojov.

V práci sa zameriavame na vyhodnotenie kvality spájkovania a z toho vyplývajú jednotlivé parciálne ciele:

- analýza výrobného procesu,
- analýza výsledkov automatickej optickej kontroly,
- analýza výsledkov z röntgenu,
- návrh na zlepšenie.



---

### 3 Metodika práce

Po dôkladnej analýze a preštudovaní odbornej literatúry bola zvolená firma SIIX EMS Slovakia s.r.o. ktorá spĺňa všetky požiadavky, ktoré boli spomenuté v prehľade. Následne sme si zvolili vhodný výrobok ktorý obsiahne celý SMT výrobný proces. Potom sme si preštudovali potrebnú dokumentáciu a všetky vstupné dáta pre výrobok. Po preskúmaní výrobku sme si určili výrobné podmienky pre daný výrobok:

- na osadenie sme vybrali sme SMT linku číslo 5,
- na automatickú optickú kontrolu sme vybrali Marantz 22X,
- na röntgenovú kontrolu sme vybrali Pony X-Ray.

Spôsob získavania údajov a ich zdroje:

- hlavným zdrojom údajov bola firma SIIX EMS Slovakia s.r.o..
- ďalším zdrojom bola norma IPC-A-620E

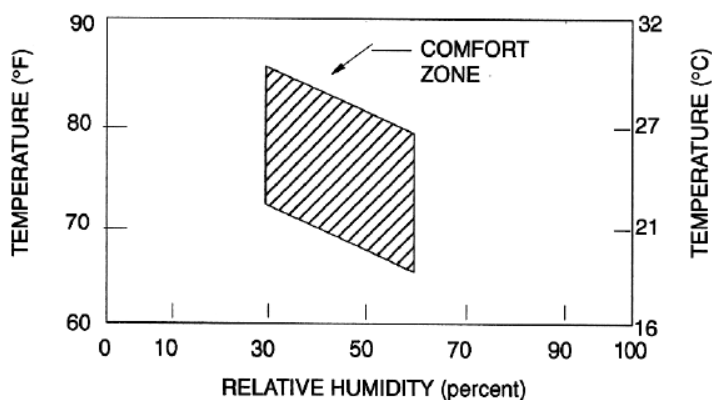
Následnou analýzou a porovnávaním všetkých informácií a údajov sa dospelo k návrhom na zlepšenie situácie alebo k vyriešeniu problémových oblastí.

---

## 4 Výsledky práce

### 4.1 Charakteristika vybranej firmy

Firma bola založená v roku 2001 v Nitre s kapitálom 4200 000 €. V roku 2003 získala certifikát ISO 9001, potom v roku 2007 certifikát ISO 14001 a nakoniec v roku 2009 ISO/TS 16949. Vo firme platia prísne požiadavky na elektrostatické vybitie, to znamená že všetci zamestnanci majú antistatický odev a pri vstupe do výroby sa musia skontrolovať na zariadení na to určenom a spraviť záznam o výsledku merania. Vo výrobných priestoroch je monitorovaná teplota a relatívna vlhkosť tak, aby sa udržala v limitoch komfortnej zóny podľa obrázku 8.

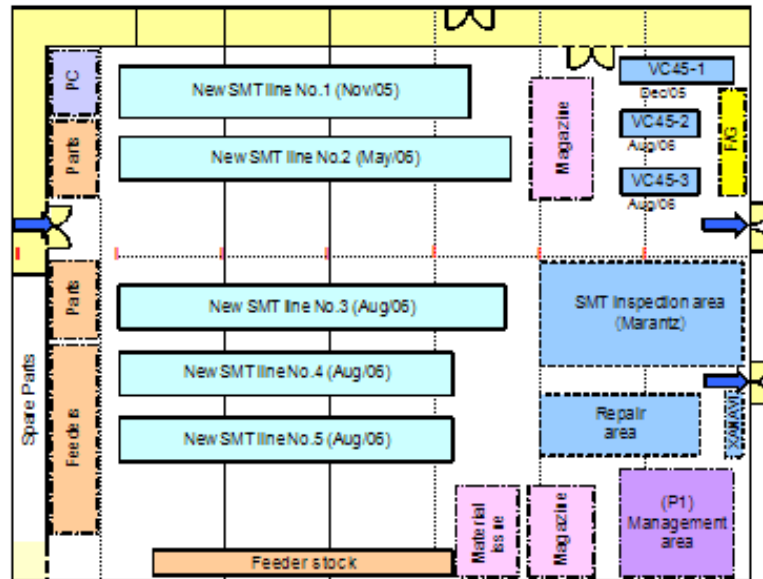


Obr. 8

#### [Komfortná zóna teploty a relatívnej vlhkosti]

Všetky pracoviská sú riadne uzemnené a pravidelne kontrolované tak, ako to vyžaduje norma IPC-A-610E. Firma má momentálne 5 SMT liniek ktoré používajú stroje na nanášanie cínovej pasty Panasonic SP60, osádzacie stroje Panasonic CM402 a DT401 a pece Tamura TNP25. Všetkých 5 SMT liniek je vybavených inline 2D automatickou optickou kontrolou na nanášanie cínovej pasty, na ktorú používa stroje Renesas BPC 707 a z toho sú dve linky vybavené inline automatickou optickou kontrolou Omron VT-RNS na osadené komponenty po pretavení cínovej pasty. Na offline automatickú optickú kontrolu po pretavení cínovej pasty používa stroje Marantz 22X. Na meranie výšky cínovej pasty sa používa offline 3D bezdotykové meracie zariadenie Mitutoyo Quick Vision. Na meranie teplotných profilov sa používa zariadenie SlimKic 2000. Na röntgenovú kontrolu

sa používa zariadenie Poni X-Ray. Na obrázku 9 je možné vidieť náčrt usporiadania technológií vo výrobnéj hale a na obrázku 10 je fotografia výrobnéj hale.



Obr. 9

[Usporiadanie technológií v SMT výrobnéj hale]



Obr. 10

[Fotografia SMT technológií vo výrobnéj hale]

---

## 4.2 Charakteristika zvoleného výrobku

Pre výrobu sme sa rozhodli pre výrobok A123. Jedná sa o jednostranne osadenú dosku plošných spojov s rozmermi 191x117x1,6 mm. Výrobok je uvedený na obrázku 11.



Obr. 11

### [Zvolený výrobok A123]

Pre tento výrobok sme sa rozhodli použiť cínovú pastu Senju M705 K1V, ktorej špecifikácia pre teplotný profil je priložená v prílohe a hrúbku šablóny sme zvolili 180  $\mu\text{m}$ . Vzhľadom k tomu že sa jedná o bezolovnatú cínovú pastu sme sa rozhodli použiť pre pretavenie dusíkovú ochrannú atmosféru. Pre rozsah práce sme sa rozhodli osadiť 14 ks DPS. Z toho pôjde 1ks na teplotný profil, 1ks dobrá vzorka na linku, 1ks dobrá a 1ks zlá vzorka na automatickú optickú kontrolu. Tok výroby je uvedený na obrázku 12.

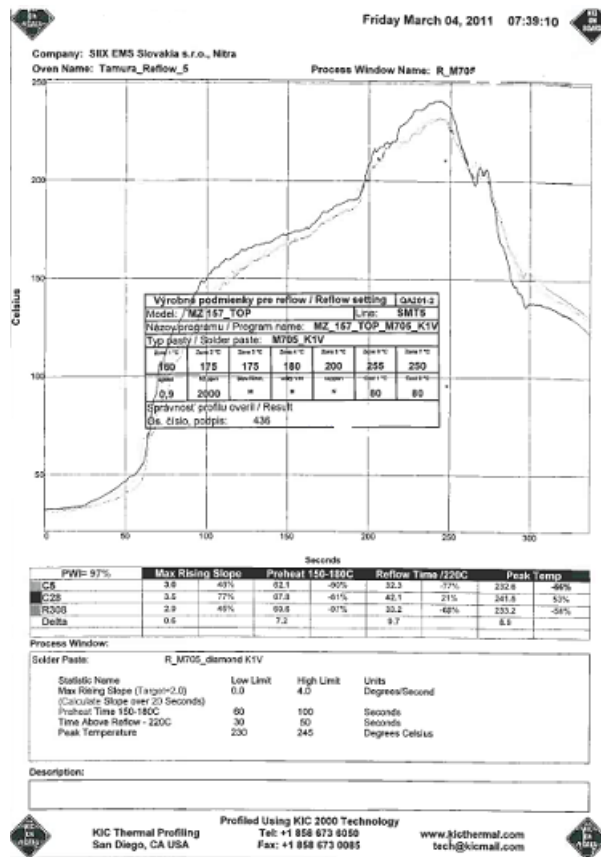


Obr. 12

### [Tok výroby]

### 4.3 Príprava a vyhotovenie meraní

V poradí ako prvé bolo potrebné namerať teplotný profil na peci Tamura TNP5 pomocou zariadenia SlimKic 2000. Na to aby bolo toto meranie správne sme si museli vytvoriť v softvéri Kic2000 „process window“ kde sme zadali špecifikáciu cínovej pasty tak, aby softvér mohol správne vyhodnotiť teplotný profil. Ďalej sme si namontovali senzory na profilovú DPS. Pomocou tejto DPS sme namerali teplotný profil ktorý je na obrázku 13.

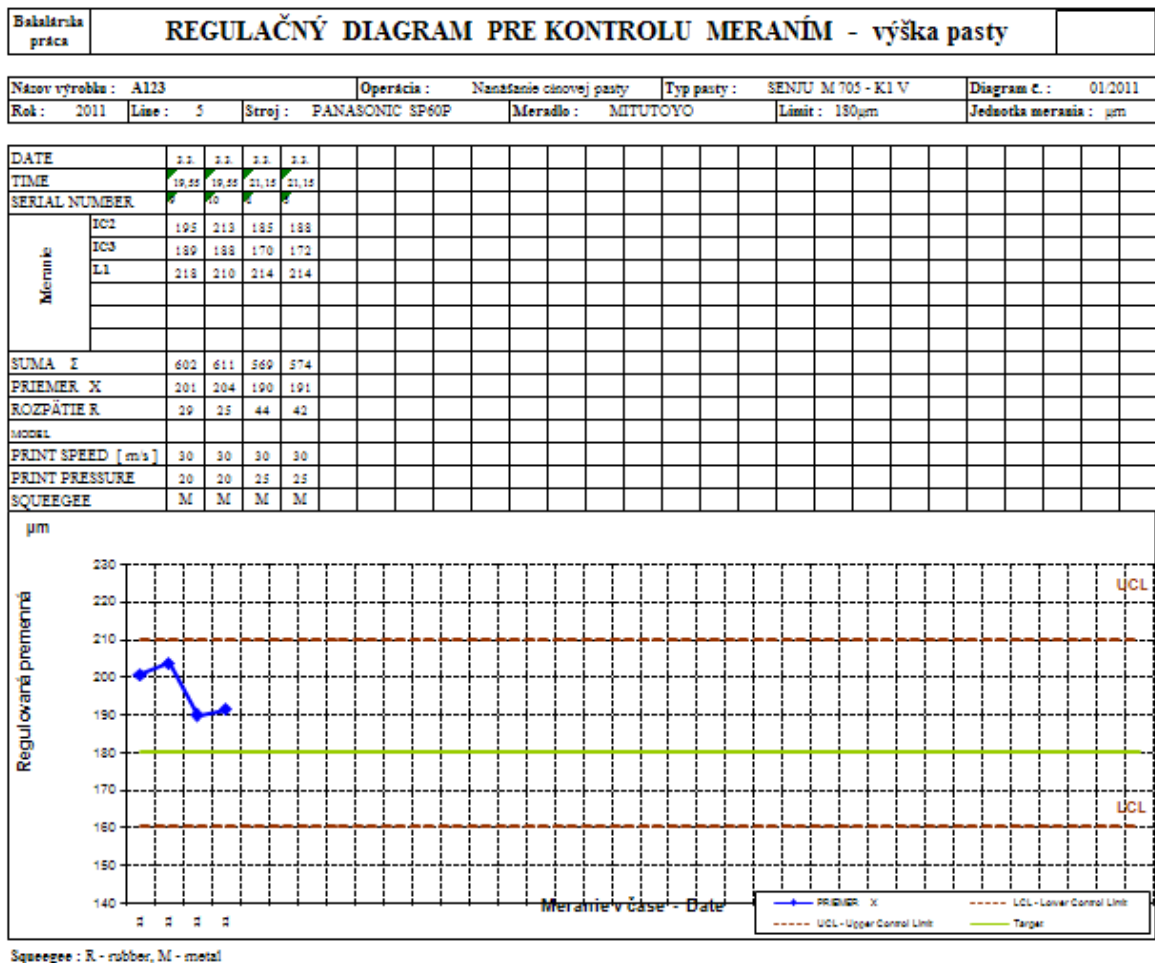


Obr. 13

### [Nameraný teplotný profil]

V poradí ako druhé sme naprogramovali všetky zariadenia v linke. Pomocou softvéru PT200 sme naprogramovali stroje SP60, CM402 a DT401. Softvér PT 200 následne vygeneroval rozpisku pre pozície materiálu na základe ktorého operátorky vložili materiál do správnych pozícií na linke. Pomocou GBR dát sme naprogramovali stroj BPC 707. Po

tom, ako sme mali linku pripravenú na výrobu, sme spustili výrobu a na prvých 4 DPS sme zmerali výšku pasty na zariadení Mitutoyo. Výsledky z merania sú uvedené v obrázku 14.



Obr. 14

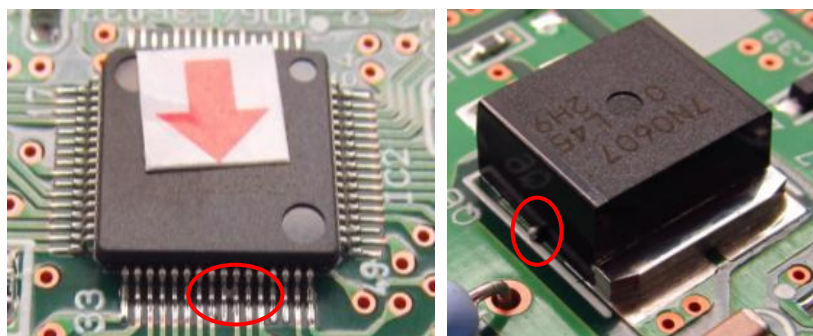
### [Výsledky merania výšky cínovej pasty]

Po tom ako sme vyrobili požadovaný počet DPS na SMT linke sme naprogramovali stroj na automatickú optickú kontrolu pomocou dát vyexportovaných zo softvéru PT200. Následne sme skontrolovali všetky DPS. Na automatickej optickej kontrole sa našlo 22 cínových guľičiek v a 6 skratov. Nájdené chyby sú uvedené v tabuľke 2 a na obrázku 15.

**Tab. 2**

**[Hlásenie z automatickej optickej kontroly]**

	<b>Chyby</b>	<b>Marantz</b>	<b>%</b>	<b>Poznámka</b>
<b>MS</b>	Chýbajúca súčiastka / Missing component		0,0%	-
<b>WC</b>	Iná súčiastka / Different component		0,0%	
<b>MD</b>	Poškodená súčiastka / Damaged component		0,0%	
<b>SH</b>	Posunutá súčiastka / Shifted		0,0%	
<b>RV</b>	Otočená polarita / Reversed polarity		0,0%	-
<b>BR</b>	Skrat / Bridge	6	21,4%	IC1
<b>NS</b>	Nezapájkovaná súčiastka / Not soldered		0,0%	
<b>NF</b>	Nenájdenie vady / No fault found		0,0%	
<b>DJ</b>	Studený spoj / Dry joint		0,0%	
<b>SB</b>	Cínové guličky / Solder balls	22	78,6%	
<b>MU</b>	Obrátená súčiastka / Mounting upside Down		0,0%	
<b>IS</b>	Nedostatok cínu / Insufficient solder		0,0%	
<b>EG</b>	Vela lepidla / Exceed glue		0,0%	
<b>LP</b>	Podvihnutá súčiastka / Lifted part		0,0%	-
<b>OR</b>	Iné vady / Defect other		0,0%	
<b>LL</b>	Dlhé vývody / Long leads		0,0%	
<b>SP</b>	Zdvihnutý vývod / Stand-up pin		0,0%	
	<b>Spolu</b>	<b>28</b>		



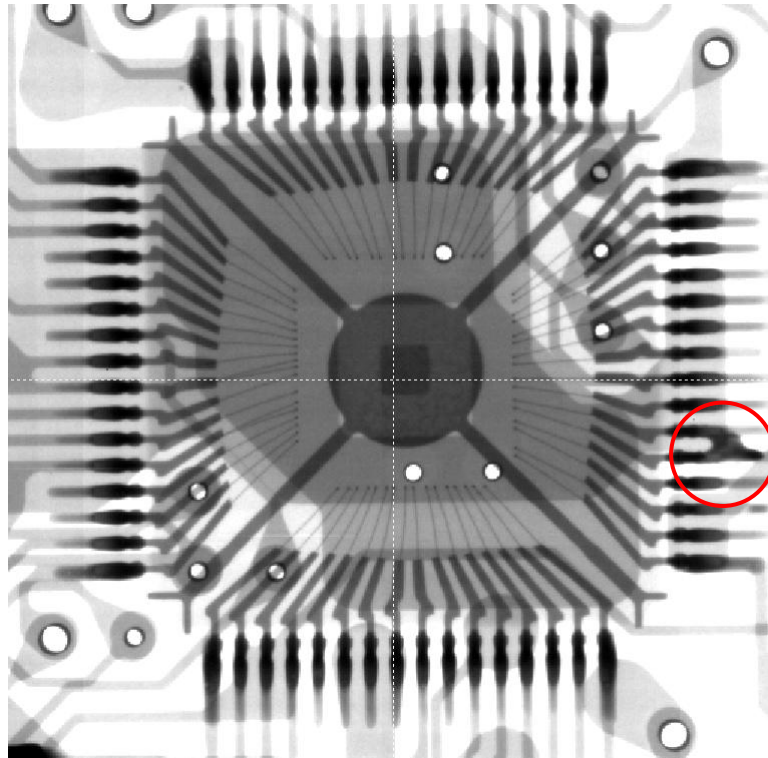
**Obr. 15**

**[Ukážka nájdených chýb na automatickej optickej kontrole]**

Posledným krokom práce bola kontrola na röntgene. Preto že išlo kontrolu jednej pozícií na DPS sme kontrolu vykonali ručne to znamená že sme ovládali stroj manuálne bez použitia programu. Zamerali sme sa na kontrolu komponentu na ktorom sa na

---

automatickej optickej kontrole našlo 6 skratov. Ukážka skratu pod röntgenom je uvedená na obrázku 16.



Obr. 16

[Ukážka nájdeného skratu na röntgene]

#### 4.4 Analýza výsledkov

Po automatickej optickej kontrole a röntgenových snímkoch sme zistili, že sme vyprodukovali 28 chýb, z ktorých 22 bolo cínových guličiek vedľa komponentov a 6 skratov na integrovaných obvodoch.

Na základe skúmania vzniknutých chýb sme zistili, že príčinou bolo príliš veľké množstvo cínovej pasty. To znamená, že natavená cínová pasta nemala kam vyvzlínať a preto sa pri väčších komponentoch tvorili cínové guličky a na komponentoch, kde boli vývody blízko seba sa tvorili skraty.

Preto navrhujeme úpravu hrúbky šablóny z pôvodných 180  $\mu\text{m}$  na 150  $\mu\text{m}$ , prípadne zredukovanie veľkosti otvorov o 15% pred spustením sériovej výroby.



---

## Diskusia

V bakalárskej práci sme riešili problematiku osádzania dosiek plošných spojov a ich následnú kontrolu . Cieľom práce bolo dôkladné preskúmanie problematiky SMT výrobného procesu, automatickej optickej kontroly, noriem a štandardov súvisiacich s danou problematikou. Pre prácu sme si vybrali firmu SIIX EMS Slovakia s.r.o., ktorá nám poskytla priestory, technológie a materiál na realizáciu výskumu bakalárskej práce. Pre prácu sme si vybrali technológie, ktoré sme podrobne popísali a charakterizovali ich funkcie. Ďalším krokom práce bol výber a popísanie vhodného výrobku pomocou, ktorého bolo možné obsiahnuť problematiku bakalárskej práce.

Pomocou podkladov ktoré nám boli poskytnuté sme spracovali prípravu výroby. Preštudované údaje sme použili pri programovaní jednotlivých technológií a pri nastavovaní limitov pre jednotlivé merania. Po tom, ako sme si nachystali všetky potrebné technológie sme vyrobili výrobok ktorý sme následne skontrolovali. Po skontrolovaní výrobku sme spracovali záznamy a fotodokumentáciu o vzniknutých chybách.

Žijeme v dobe kde sme obklopený stále menšou a modernejšou elektronikou ktorá bola vyrobená SMT technológiu a preto je veľmi dôležité, aby sa na trh dostávali len kvalitné a bezpečné výrobky. Preto je nevyhnutné počas výroby a kontroly všetkých týchto výrobkov dodržať všetky normy a štandardy.

V bakalárskej práci sme pracovali s modernými technológiami a softvérovými aplikáciami za pomoci ktorých sme vyrobili, skontrolovali a vyhodnotili výrobok s dodržaním všetkých noriem a štandardov.

---

## Návrhy na využitie výsledkov

Metódy vyhodnocovania kvality v SMT výrobnom procese je možné využiť v elektrotechnickom priemysle pri:

- pri príprave dizajnu nového výrobku,
- pri návrhu hrúbky alebo dizajnu šablóny na nanášanie cínovej pasty,
- pri simulácii výrobných podmienok pre pripravovaný výrobok,
- pri simulácii výrobných časov a kapacít pre nový výrobok,
- pri oprave pokazeného výrobku.

Vyhodnocovanie kvality sa dostáva na vrchol požiadaviek a stáva sa neodmysliteľnou súčasťou od projektovania cez výrobu až po samotnú kontrolu výrobkov.

---

## Záver

Počas bakalárskej práce s relatívne novými a modernými technológiami využívanými pri osádzaní a kontrole dosiek plošných spojov sme získali cenné skúsenosti a nový pohľad na elektroniku ktorá, nás všade obklopuje.

Získali sme sa mnoho teoretických, ale aj praktických poznatkov ohľadom elektrotechnického priemyslu, elektrostatického vybitia, systémov riadenia kvality, osádzaní dosiek plošných spojov, automatickej optickej kontrole, metódach merania, IPC normách a konštrukčných riešeniach strojov používaných v tomto odvetví elektrotechnického priemyslu.

Oboznámili sme sa so softvérovými aplikáciami používanými pri osádzaní dosiek plošných spojov, pri programovaní strojov na automatickú optickú kontrolu a kde sme sa oboznámili so spojitosťou a prepojením údajov potrebných na ich programovanie.

Získali sme praktické skúsenosti s optickým 3D bezdotykovým meracím zariadením, ktoré sa používa hlavne na meranie výšky nanesej cínovej pasty. Ďalej sme sa oboznámili s priemyselným röntgenom, ktorý sa používa na zisťovanie chýb hlavne v procese pretavenia cínovej pasty.

Záverom môžeme skonštatovať, že napriek problémom s cínovými guľčkami a skratom na integrovaných obvodoch sme problematiku bakalárskej práce zvládli a tiež sa nám podarilo navrhnúť nápravné opatrenia, ktoré by mali riešiť vzniknuté problémy s nadmerným množstvom cínovej pasty.

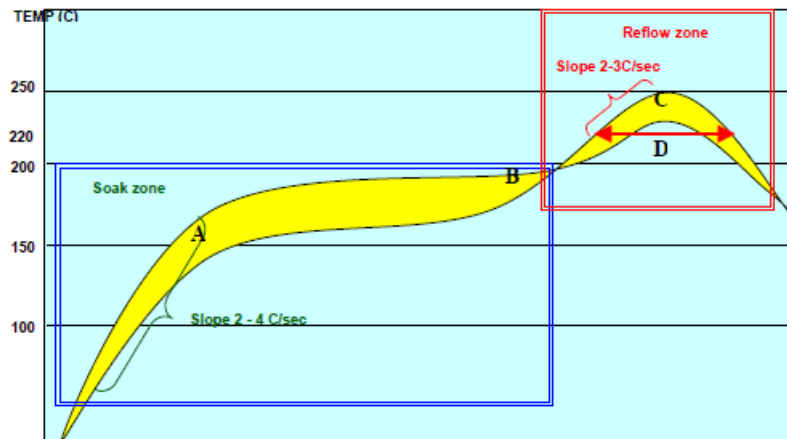
---

## Zoznam použitej literatúry

- Automatical optical inspection*. [online] Omron corporation, aktualizované 2011. [cit. 2011-03-19] Dostupné na: < <http://inspection.omron.eu/>>
- Elektrotechnický priemysel*. [online] Agentúra SARIO, aktualizované 2009. [cit. 2011-04-10] Dostupné na: < [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/index\\_sk.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/index_sk.htm)>
- Elektrotechnický priemysel*. [online] Európska komisia, aktualizované 2010. [cit. 2011-02-13] Dostupné na: < [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/index\\_sk.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/index_sk.htm)>
- HARPER, Charles. 2003. *Electronic material and process handbook*. 3. vyd. New York vydavateľstvo McGraw-Hill, 2003. 800 s. ISBN 0071402144
- IPC-A-610E*, 2005. IPC Bannockburn, IL 60015-1219
- ISO/TS 16949:2002*, 2002. Slovenský ústav technickej normalizácie Bratislava
- JURAN, J.M. 1992. *Juran on quality by design*. New York vydavateľstvo Simons & Schuster, 1992. 538 s. ISBN 10: 0029166837
- LEE, Ning-Chek. 2002. *Reflow soldering process and troubleshooting*. Maryland vydavateľstvo Newnes, 2002. 288 s. ISBN 10: 0750672188
- NOF, Shimon. 1997. *Industrial assembly*. New York vydavateľstvo Springer, 1992. 512 s. ISBN 10: 0412557703
- PRASAD, Ray. 1997. *Surface mount technology: Principles and practice*. New York vydavateľstvo Chapman & Hall, 1997. 772 s. ISBN 0412129213
- SCHNEIDER, Stephen. 2001. *Building a successful board-test strategy*. Woburn vydavateľstvo Butterworth-Heineman, 2001. 329 s. ISBN 10: 0-7506-7280-3
- VOLDMAN, Steven, 2004. *ESD : Physics and device*. New York vydavateľstvo John Wiley & Sons Inc., 2004. 398 s. ISBN 13: 9780470847534
- Vývoj elektrotechnického priemyslu na Slovensku*. [online] Ministerstvo hospodárstva a výstavby SR, aktualizované 2010. [cit. 2011-03-18] Dostupné na: <http://www.economy.gov.sk/elektrotechnicky-priemysel-5841/127526s>

## Prílohy:

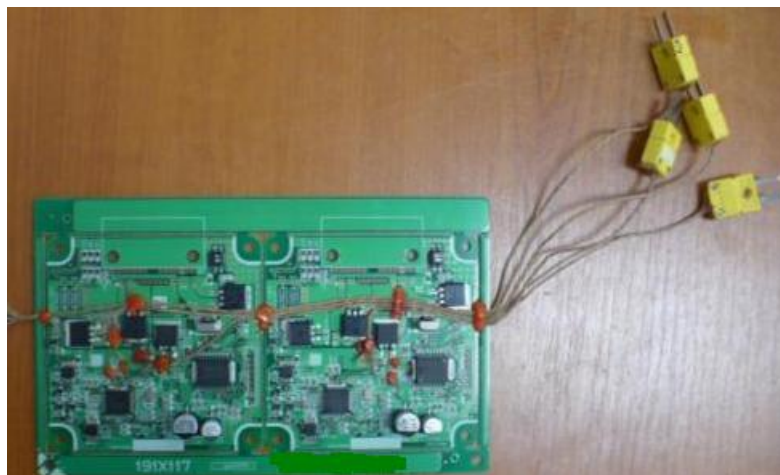
### Solder Profile



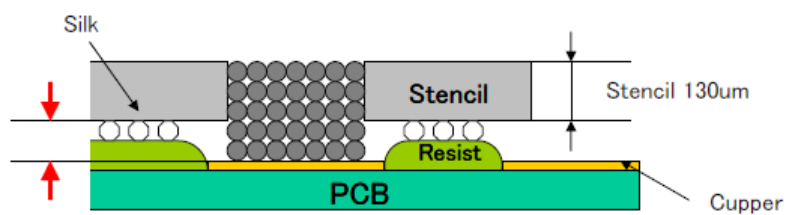
### Recommendations

A; Soak start	150 – 180C	C; Peak Temp	230 – 250C
B; Soak end	180 – 200C	D; Time above	30 – 60 sec
Soak Time	60 – 120 sec		220C Solidus line

Špecifikácia teplotného profil cínovej pasty Senju M705 K1



DPS na meranie teplotného profilu



Princíp nanášania cínovej pasty