

BULLETIN ANOTACÍ

BULLETIN OF ABSTRACTS

PÁJENÍ A TEPELNÉ PROCESY

ČIŠTĚNÍ DPS

NOVINKY V MIKROELEKTRONICE

VADY PÁJENÉHO SPOJE

78. číslo, Brno, 20. 10. 2015
/příloha k pozvánce na akci 10/15/

Vydává: SMT-info konsorcium

ISSN 1211-6947

Obsah / Contents:

strana

K. Dušek

Vybrané defekty pájených spojů a možný způsob opravy čipů pájených lepením 4

Selected Defects of Soldered Joints and Possible Way How to Rework Underfilled Chips

- vyzvaná přednáška

D. Sameš

LOCTITE GC10 – revoluční pájecí pasta skladovatelná při pokojové teplotě 9

LOCTITE GC10 – Revolution Temperature Stable Solder Paste

T. O'Neil

J-STD-004B: A New Twist on an Old Standard? 10

J-STD-004B: Nový směr u staré normy?

D. Hayn, P. Heilmann

Thermal Processes in Vertical Systems 11

Tepelné procesy u vertikálních systémů

R. Kubík

Nejnovější technologie AOI od firmy Mek (Marantz) – skvělé výsledky 13

Latest AOI Technology from MEK (Marantz) – Excellent Results

R. Ruhfass

Cleaning Chemicals for SMT process 14

Čistící chemie v SMT procesu

M. Duda

Redukce voidů během reflow procesu? Efektivní řešení od ERSY 19

Void Reduction During Reflow Process? Effective Solution from ERSY

P. Grosse

Modulární řešení selektivního pájení od firmy INTERSELECT 20

Selective Soldering - Modular Solution from INTERSELECT

K. Jurák

Vady DPS - Analýza a detekce 25

(Dokumenty IPC, IEC, DFR Solutions)

PCB and PCBA Defects - Analysis and Detection

(Documents: IPC, IEC and DFR Solutions)

J. Starý

Vliv zrychleného stárnutí na smáčivost povrchových úprav DPS 28

Wettability of PCB Surface Finish – Effect of Thermal Aging

M. Abel

ECD - Hromadná kontrola teplotních profilů u více pájecích strojů 30

Collective Inspection of Temperature Profiles from more Soldering Machines

M. Berberich Nové selektivní pájecí vlny <i>Latest Selective Soldering Waves</i>	31
F. Leitenstern Opakovatelnost a zdokumentovatelnost oprav BGA <i>Repeatability and Documentation of BGA Repairs</i>	32
A. Schmidt Velmi přesné opravy SMD v μm <i>Extremely Precission SMD Repairs in μm</i>	32
P. Koch DAGE: CT Technology Developments via Novel Alignment Methods, Jitter Correction and Half-Beam Reconstruction <i>DAGE: Vývoj v CT technologii s novými metodami sladění (korekce chvění, rekonstrukce paprsku)</i>	33
V. Sítko, M. Šaffer Čištění – pomocná operace nebo technologický proces? <i>Cleaning – Auxiliary Operation or Technology Process?</i>	40
L. Pokorný Novinky v ručním pájení of firmy JBC <i>Latest in Manual Soldering from JBC</i>	44
M. Hurban Ekologie v pájecí praxi <i>Ecology in Soldering Praxis</i>	52
F. Steiner Diagnostika a testování propojovacích struktur, DPS, a součástek <i>Diagnostics and Testing of Interconnection Structures, PCB and Components</i>	53
Informace o inzerci <i>Advertisement's Informations</i>	57
Inzerce <i>Advertisement</i>	

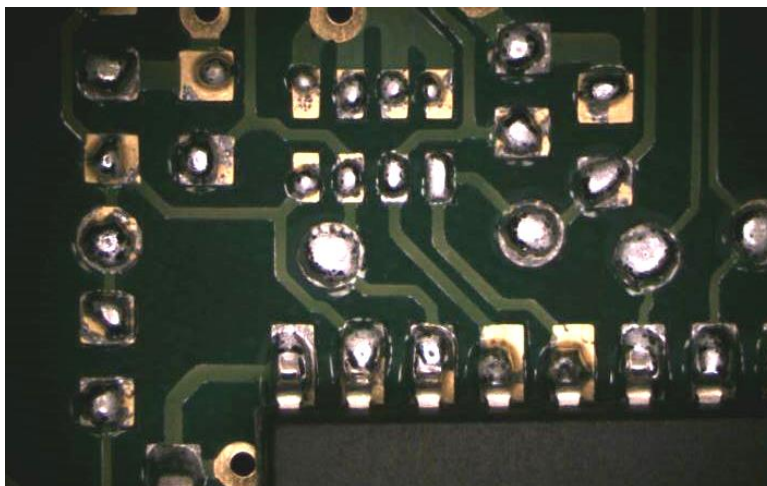
Do sborníku mohly být zařazeny pouze anotace a odborné příspěvky, které jsme obdrželi před uzavěrkou Bulletinu.
Uvedené materiály neprošly jazykovou redakcí.

VYBRANÉ DEFEKTY PÁJENÝCH SPOJŮ A MOŽNÝ ZPŮSOB OPRAVY ČIPŮ FIXOVANÝCH LEPENÍM

Karel Dušek, ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, katedra elektrotechnologie

Deska plošného spoje (DPS) tvoří mechanickou základnu pro vodivé propojování elektronických prvků. Spolu se snižujícími se rozměry, zvyšující se hustotou součástek a vodivých cest jsou na výrobu DPS kladeny stále vyšší nároky.

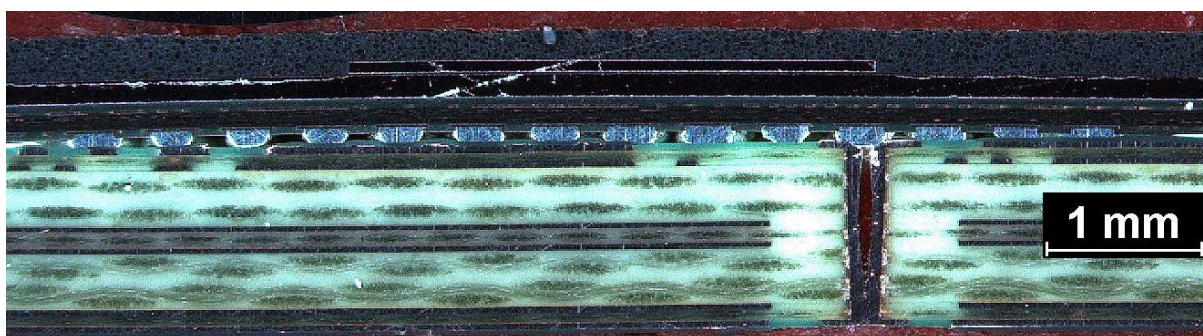
Tento příspěvek se zabývá některými problematickými aspekty, které se mohou objevit při montáži součástek a které ovlivňují výslednou kvalitu výrobku. Jedním z problémů je problém s nesmáčivostí pájecích plošek, kdy v průběhu pájecího procesu nedojde ke smočení pájecích plošek pájecí slitinou.



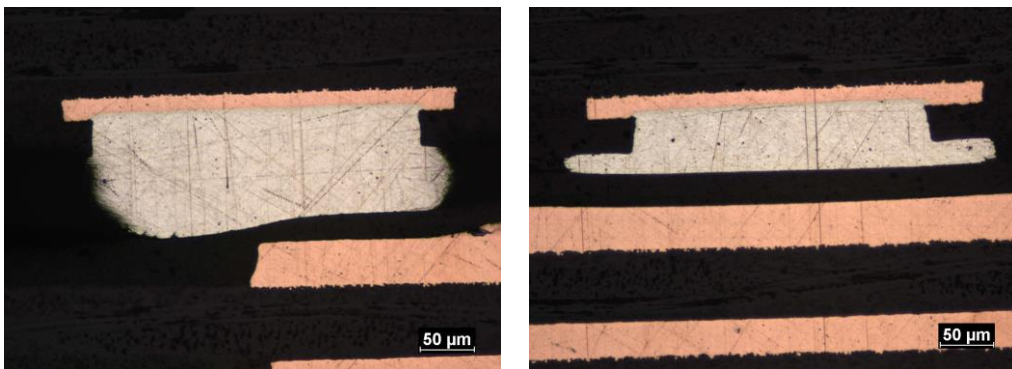
Obr. 1: Problém s nesmáčivostí pájecích plošek

Tato vada může být způsobena zoxidovanými pájecími ploškami, málo aktivním tavidlem, nedostatečným prohrátím DPS, kontaminací pájecích plošek - například nepájivou maskou.

Další problém který může nastat s nepájivou maskou je špatný návrh DPS, kdy je nepájivá maska využito k zakrytí pájecích plošek u čipu BGA, jako je tomu na následující sekci obrázků. V takovém případě dochází k deformaci kuliček BGA a hrozí nesprávné zapájení čipu.

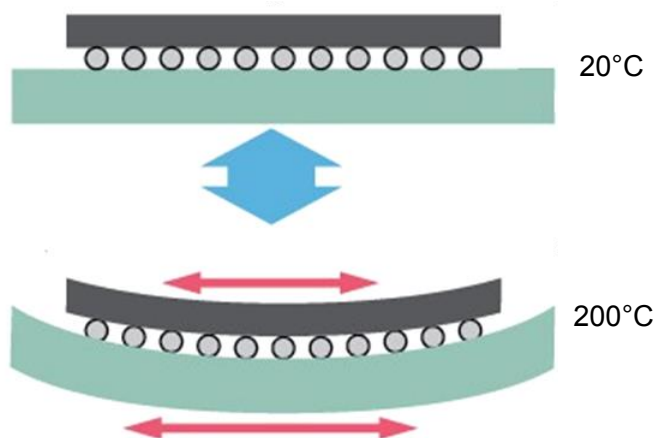


Obr. 2: Výbrus - deformace kuliček BGA díky nevhodnému návrhu nepájivé masky



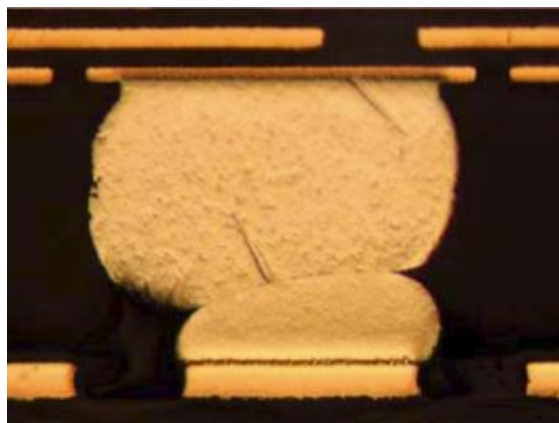
Obr. 3: Detail výbrusů deformace kuliček BGA díky nevhodnému návrhu nepájivé masky

Deformace kuliček pod pouzdem může nastat i v případě rozdílného koeficientu teplotní roztažnosti DPS a čipu, kdy v průběhu ohřátí/chlazení dochází k jejich vzájemnému průhybu/deformaci tzv. „warpage efektu“ viz obrázek 4.



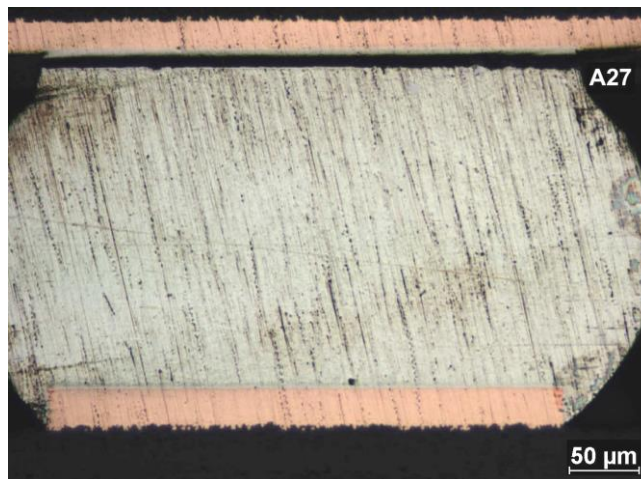
Obr. 4: Deformace čipu a DPS vlivem rozdílného koeficientu teplotní roztažnosti

Vlivem tohoto efektu může například u čipu BGA dojít k odsmačení kuličky pájecí slitiny v průběhů procesu pájení, případně k nespojení BGA vývodu a pájecí pasty a výskyt tzv. head-in-pillow defektu. Tento defekt je znázorněn na následujícím obrázku.



Obr. 5: Head-in-pillow defekt

Při warpage efektu může dojít ke správnému zapájení spojů. Nicméně tyto spoje jsou následně při pokojové teplotě trvale vystaveny internímu namáhání, vlivem kterého může dojít k narušení vodivého spojení a například k vytvoření podélné trhliny mezi vývodem čipu a pájecí slitinu jako je tomu u následujícího obrázku.



Obr. 6: Podélná trhlina mezi pájeným spojem a vývodem čipu.

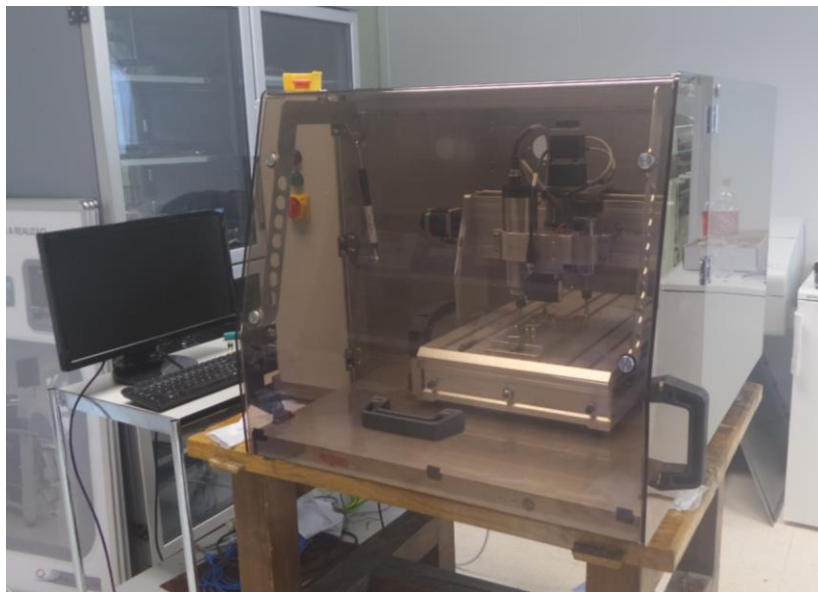
Podélná trhlina může být způsobena rovněž nadměrnou externí mechanickou zátěží, kdy pro zlepšení mechanické stability se některé součástky k DPS fixují pomocí tzv. „underfill“ – výplní mezi čipem a substrátem. Fotografie „underfilled“ čipu je na obrázku 7.



Obr. 7: Čip fixovaný k DPS pomocí „underfill“

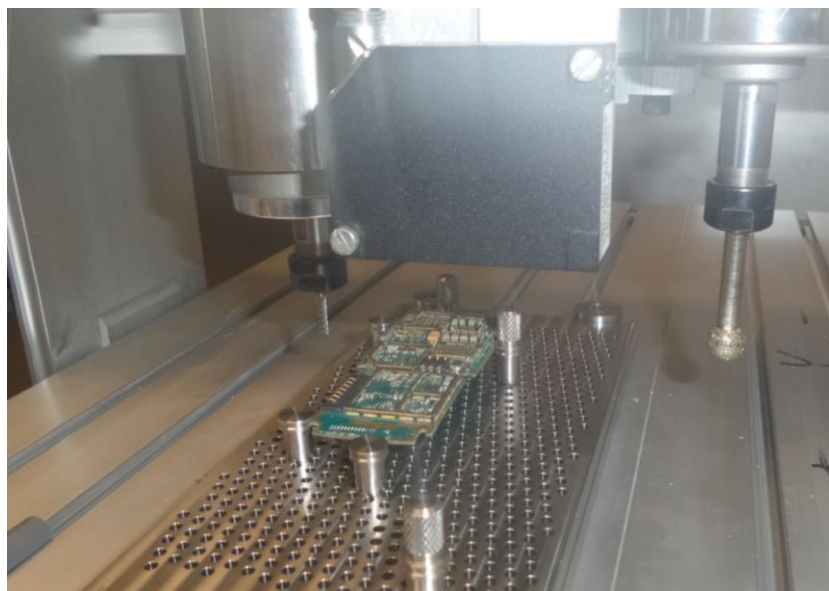
„Underfill“ zlepšuje kromě mechanické stability spojení čipu se substrátem, také odvod tepla generovaného čipem. Nevýhodou této fixace je přidání další technologie do výrobního procesu a také nesnadnost budoucí výměny/opravy takto fixovaného čipu. Pro fixování čipů pomocí „underfill“ existuje celá řada materiálů. Některé materiály začnou při zvýšené teplotě měknout (snaží oprava čipu). Jiné typy materiálu, například na bázi epoxidu, nelze jednoduše odstranit a to ani při zvýšené teplotě. Při výměně čipu pak dochází poškození DPS – nejčastěji odtržení pájecích plošek. V laboratořích LVR (laboratoře pro vývoj a realizaci) na ČVUT FEL byla za tímto účelem vyvinuta velmi přesná frézka, která má za úkol odstranit

(odfrézovat) vadný čip, tak aby nedošlo k poškození DPS (pájecích plošek) a aby bylo možné namísto vadného čipu osadit čip nový. Obrázek této frézky je na obrázku 8.

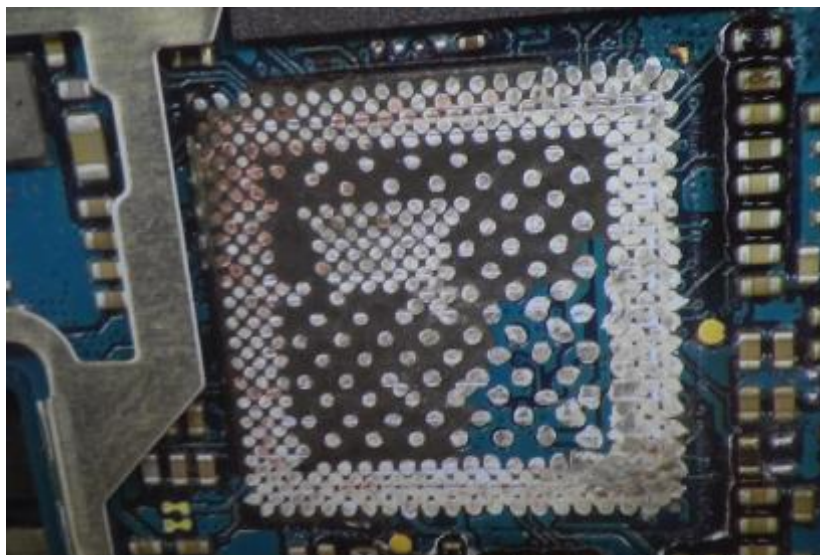


Obr. 8: Frézka vyrobená v LVR na FEL, ČVUT v Praze

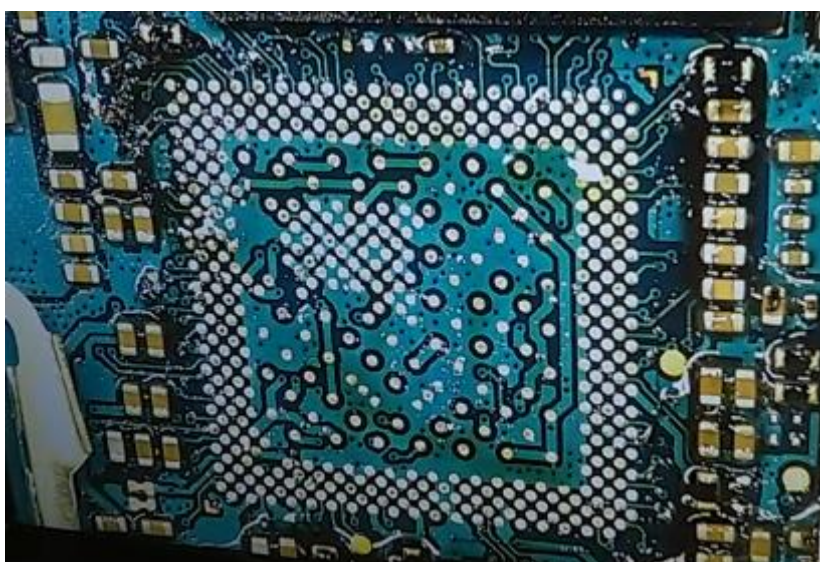
Po vložení DPS do držáku a zaměření čipu, frézka automaticky odfrézuje čip téměř k pájecím ploškám. Fotografie upnuté DPS je na obrázku 9, na obrázku 10 je fotografie DPS poté co byl čip odfrézován. Po odfrézování čipu je zapotřebí odstranit zbytky „underfillu“ a očistit pájecí plošky - fotografie s očištěnými pájecími ploškami je na obrázku 11.



Obr. 9: Upnutá DPS s čipem, připraveno k odfrézování čipu



Obr. 10: Fotografie DPS po odfrézování čipu



Obr. 11: Fotografie s očištěnými pájecími ploškami

Po této operaci je možné na pájecí plošky osadit a zapájet nový čip. Frézka je již úspěšně nasazena v průmyslové výrobě. V případě zájmu je možné tento produkt na zakázku objednat.

LOCTITE GC 10 – HISTORICKY PRVNÍ TEPLOTNE STABILNÍ PÁJECÍ PASTA



Společnost Henkel jako první vyvinula teplotně stabilní pájecí pastu.

Loctite GC 10 má roční životnost při teplotě 26 °C, i při teplotě 40 °C je její životnost jeden měsíc. Díky této stabilitě se výrazně zjednodušuje přeprava, snižují se náklady na skladování a odpadá časově náročné temperování před vlastním použitím. Samotný proces je pak jednodušší, není třeba řešit výkyvy teploty pasty, na šabloně může být pasta až tři dny při procesu a více jak osm hodin v klidu bez nutnosti promíchání. S osazením součástek nemusíte pospíchat, po tisku na to máte celé tři dny.

Tyto přednosti výrazně zvyšují stabilitu pasty, nastavení stroje se po celou dobu práce blíží ideálnímu tisku a tím se sníží počet chyb. V neposlední řadě se díky tepelné stabilitě a dlouhé životnosti zvyšuje celkové využití (od výroby pasty po tisk) z obvyklých 75 % na 95 %.

Parametry	Současná technologie	Loctite GC 10
Slitina	97 SC (SAC 305)	97 SC (SAC 305)
Velikost zrna	Typ 3, 4 (25 - 45 µm, 20 - 38 µm)	Typ 3, 4, 5 (25 - 45 µm, 20 - 38 µm, 10-25 µm)
Tavidlo	Halogenové / Halogen Free	Halogen Free
Skladování / životnost		
26,5 °C	1 měsíc	1 rok
40 °C	1 den	1 měsíc
50 °C	0	1 týden
Životnost	6 měsíců	1 rok
Proces		
Doba zpracování na šabloně	2 - 6 hodin	16 - 72 hodin
Rychlost tisku	25 - 150 mm/s	25 - 125 mm/s
Doba stání na šabloně bez nutnosti promíchání	1 - 4 hodiny	8 - 24 hodin
Temperování před použitím	4 - 24 hodin	0



J-STD-004B: A New Twist On An Old Standard?

Written by: Karl Seelig & Tim O'Neill

Presented by: Karl Seelig

AIM Solder

IPC J-STD-004 was updated about 5 years ago, but the commingling of designations from the old and new standards in industry literature has created a lot of confusion among users. There are three components to flux designation. The first two letters, RO, RE or OR represent the basic chemical composition: Rosin-based, Resin-based or Organic acid-based. Nothing has changed there. But the next component to flux designation, L, M, or H, which describe the flux's activity level as low, medium or high, and the final component, 0 or 1, which indicate halide content, are affected by the new revision. The purpose of this paper is to explore what changed, what didn't, how it affects flux selection criteria and what a user needs to know.

J-STD-004B: Nová úprava staré normy?

Napsal: Karl Seelig & Tim O'Neill

Prezentoval: Karl Seelig

AIM Solder

Norma IPC J-STD-004 byla aktualizována asi před 5 lety, ale značení dle staré a nové normy tvoří mezi uživateli hodně nejasností. Označení fluxu určují tři složky. První: dvě písmena RO, RE nebo OR reprezentují základní chemické složení: Rosin, Resin nebo Organické kyseliny. Zde žádná změna nenastala. Druhá složka, která označuje úroveň aktivity fluxu L-Low-nízkou, M-Medium-střední nebo H-High-vysokou a třetí složka 0 nebo 1, indikující obsah Halidů - tyto dvě jsou ovlivněny novou revizí. Účelem této publikace je odhalit co se změnilo, co zůstalo beze změny, jak nová revize ovlivní kritéria při výběru fluxu a co všechno by uživatelé měli vědět.

AIM Canada
+1-514-494-2000
80-41554753

AIM USA
+1-401-463-5605

AIM Mexico
+52-656-630-0032

AIM Europe
+44-1737-222-258

AIM Asia
+86-755-2993-6487

AIM India
+91-

www.aimsolder.com - info@aimsolder.com

CeraCon GmbH
Talstr.2
D-97990 Weikersheim
Germany

CeraCon

Telefon +49 (0)7934 9928 0
Telefax +49 (0)7934 9928 600
www.ceracon.com · epost@ceracon.com

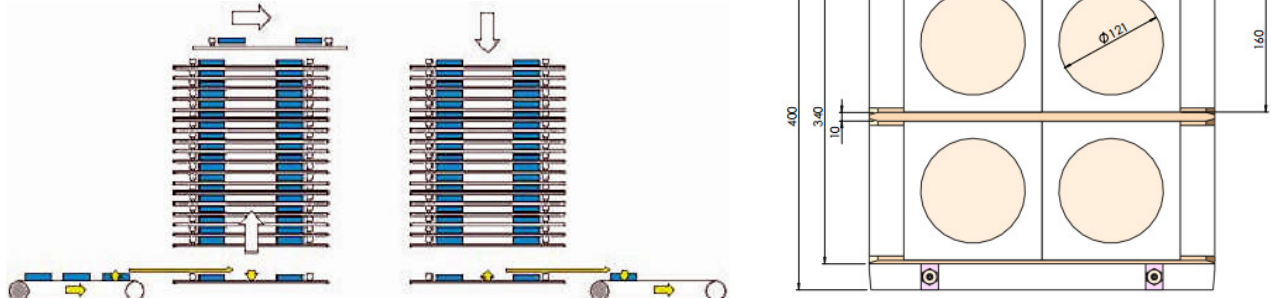
Reduced Floor Space Requirements for Thermal Processes > 20 min (curing, drying etc.)

There is a growing number of thermal processes which are – among others – also related to electronic industries but which do not fit to the parameters of the standard soldering process. Soldering typically takes approx. 4-5 min total process time, consisting of ramp-up, hold time and cool down. Other thermal processes like curing of glue, drying of silicon for sealing purposes, hardening of under-fill material, treatment of ceramic substrates or of thermally drying lacquers (not UV- or IR-drying) often require process times of 20 min or more. With the (almost) finished products that consist of different materials with different expansion coefficients or at products with high masses (such as rotor lamella, where epoxy covers are used for sealing purposes), the ramp-up is often limited to 10 K/min or less. In such cases, the heating from 20 °C (ambient) to 140 °C (hold temperature) at 8 K/min already adds 15 min to the total process time. The same gradient typically applies to cooling down. In continuous high-capacity production, such a process may cause serious problems as the equipment for thermal treatment (i.e. oven) will take a lot of space in the production floor.

A simple calculation:

4 products per minute (e.g. PCB, substrate, housing etc.), size 160x160x35 mm each (LxWxH), total process time = 60 min (15 min heat-up, 30 min hold, 15 min cool-down) = 240 parts in process. Calculating a **horizontal inline oven** with a 3-lane-conveyer and no distance in-between each two products in transport direction will need $240:3 = 80$ products in each lane.
 $160 \text{ mm} \times 80 \text{ parts} = \mathbf{12.8 \text{ m}}$ length of process tunnel [and width of the oven approx. **1.0 m**]

A space saving solution for such processes are inline ovens where the products (PCBs) are transported **vertically** – sometimes called “paternoster systems”.

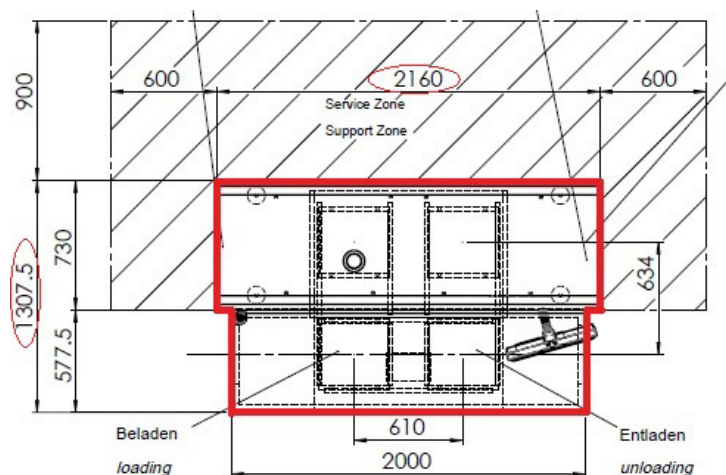


If we place 4 products on a carrier (oven tray – see top right), the above capacity (240 parts in process) can be handled in a **vertical system** with a footprint of **2.2 x 1.3 m** (total height = 3.35 m for a 14-zone-oven).

Required floor space:

Horizontal System: $12.8 \times 1.0 = 12.8 \text{ m}^2$

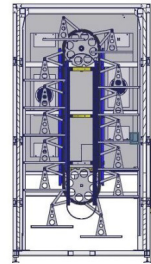
Vertical System: $2.2 \times 1.3 = 2.9 \text{ m}^2$



For our vertical ovens we have different transport systems. A selection of different solutions you can see below. With these thermal systems we can realise manual loading and fully automated solutions.

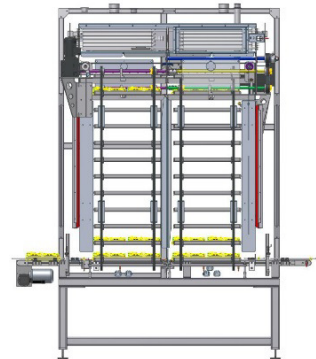
Paternoster

- Movement with gondolas
- One temperature zone in the oven
- Simple technology
- Level of work-piece concentration: low



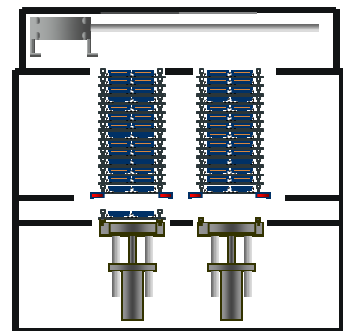
Chain-System

- Usage of line carrier or oven-tray
- Combination of heating and cooling possible
- Different temperatures in the zones possible
- Movement by chain conveyors
- Very low concentration of lubricants in the process zone
- Level of work-piece concentration: medium



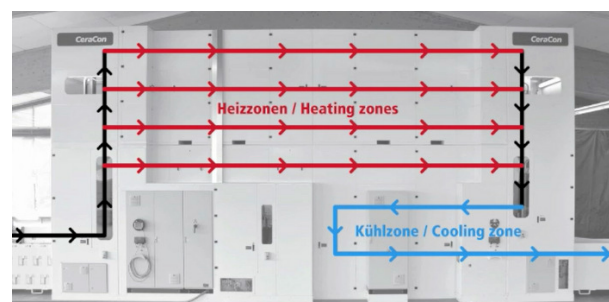
Tray Stack-System

- Combination of heating and cooling possible
- Different temperatures in the zones possible
- Up to 14 different zones
- Movement by tray-stacks
- No lubricant in the process zone
- Standard version suitable for cleanroom ISO7
- Level of work-piece concentration: high



Multilayer horizontal system

- Usage of line carrier or oven-tray
- Combination of heating and cooling possible
- Different temperatures in the zones possible
- Movement by tray-convoy
- No lubricants in the process zone



With all that different possibilities to equip a thermal-system, we make sure to have the right technology for every process and work-piece. It doesn't matter if you have small printed circuit boards or massive modules, we have the proper solution for your requirements.

CeraCon GmbH

Talstr.2
D-97990 Weikersheim
Germany

Telefon +49 (0)7934 9928 0
Telefax +49 (0)7934 9928 600
www.ceracon.com · epost@ceracon.com

CeraCon

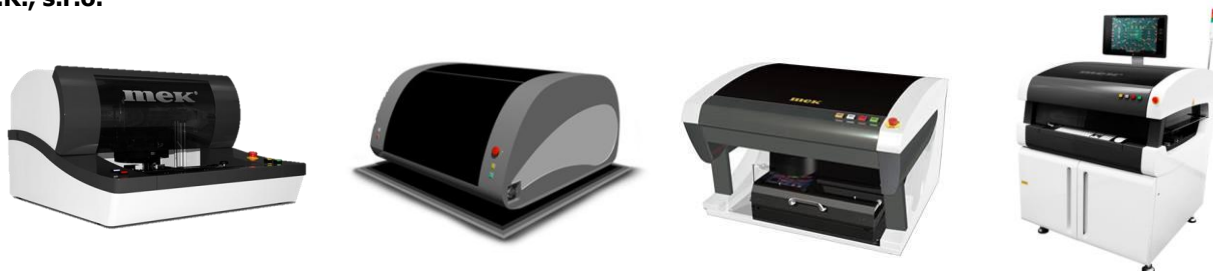
THERMAL SYSTEMS * FOAM-DISPENSING SYSTEMS * CONTRACT GASKETING * LASER SYSTEMS

Nejnovější technologie AOI od firmy MEK (Marantz)

Přednášející:

Ing. Radomír Kubík (PBT Rožnov p.R., s.r.o.)

Firma **MEK Europe** je v současné době odnoží firmy **Marantz Electronics, Ltd.**, známé především jako dodavatel vysoce kvalitní audio/video techniky. V roce 1994 firma Marantz pro vlastní potřebu vyvinula první systém pro automatickou optickou inspekci (AOI) zapájených součástek na deskách plošných spojů, jehož úspěch se ukázal být tak velký, že firma rozhodla o jeho komerčním využití. Dlouholetý postupný vývoj a zdokonalování, počet prodaných testerů a příspěvek ze zkušenosti zákazníků se pozitivně promítl do současné úrovně těchto testerů, které patří ve své kategorii k absolutní světové špičce. Marantz dnes nabízí desktop i inline AOI testery s plně barevným optickým kanálem, včetně zpracování signálu. Vysoká úroveň těchto strojů se odráží i v počtu prodaných kusů nejen celosvětově, ale i v České a Slovenské republice, kde je již více než 13 let zastupována výhradně firmou **PBT Rožnov p.R., s.r.o.**

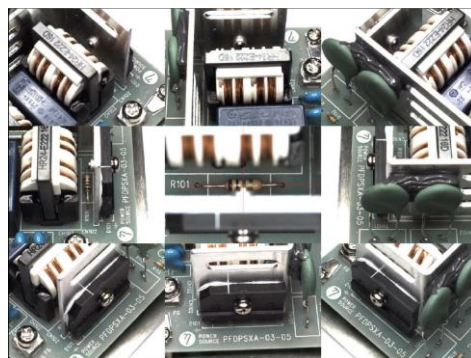
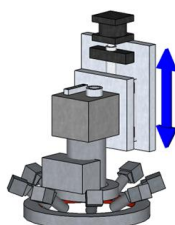


Nejnovější generace PowerSpector:

- Nejnovější generace AOI s novým designem a unikátními prvky pro široký rozsah i nejnáročnějších aplikací
- Nové desktop i inline modely pro nejrůznější formáty DPS
- Barevná 24-bit HD CCD kamera s velkým čipem a připojením CameraLink (70 fps)
- Telecentrické čočky s prismatickým rozlišením 18,75/10 μ
- Všeměrové LED osvětlení ze 3 úhlů a 3 zdrojů – 90°, 65° a 45°
- 8 bočních multiplexních programovatelných kamer s novou technologií čoček „Shift & Tilt“ (telecentrika) a technologií CameraLink
- Simultánní obraz a pohyb bočních kamer v úhlu a orientaci 45/45
- Unikátní motorizovaná a nastavitelná optická hlava v ose Z (až 60 mm)
- Kombinace 2 algoritmů testování (porovnávání obrazu a histogramová analýza)
- Přehledný a intuitivní SW + nové techniky a algoritmy programování pro snadnou a rychlou tvorbu programu
- Spolehlivá detekce textu a čtení čárových kódů
- Bezproblémové testování všech možných vad na DPS (SMD i THT)
- Nová 3D technologie pro měření výšky komponent stereo metodou (pouze upgrade SW)

SpectorBox – nejnovější technologie Mek AOI

- Nejnovější unikátní modulární platforma AOI od firmy Mek
- Optimalizováno zejména pro testování THT po pájení vlnou
- Spodní inspekce, horní inspekce nebo kombinovaná spodní a horní
- Konfigurovatelná optika – možno vybavit až 18 kamerami (9 horních a 9 spodních)
- Motorizovaná optická hlava v ose Z – optimální zaostření pro různé výšky komponent nebo prohnutí DPS
- Pro maximální formáty DPS 350 nebo 550 mm
- Ultra tenký design – tzn. pouze 280 mm od podlahy
- Světlost až 130 mm (horní i spodní)
- Modulární systém – může být umístěn kdekoli v lince



mek[®]
marantz electronics ltd

Více informací:
PBT Rožnov p.R., s.r.o.
+420 571 669 311, pbt@pbt.cz, www.pbt.cz

pbt
PBT Rožnov p.R., s.r.o.



products – concepts – solutions

Řada čistidel KIWOCLEAN EL nabízí vhodné řešení pro každou aplikaci v oblasti čištění v SMT výrobě.

Čistidla pro osazené DPS

Čištění v sítotisku „UNDERSITE“

Čištění REFLOW pecí

Údržbová čistidla

Čistidla pro šablony

Speciálně napuštěné ubrousky





products – concepts – solutions

Pravidelná údržba
reflow pecí a odlučovačů kondenzátů

KIWOCLEAN EL 9230 MC

- ➔ nízký zápach
- ➔ nežíravý
- ➔ citlivý k podkladovým materiálům
- ➔ omyvatelný vodou
- ➔ málo pěnivý
- ➔ vysoká životnost lázně





products – concepts – solutions

Pravidelná údržba povrchů reflow pecí –
ruční čisticí

KIWOCLEAN EL 9100 MC

- ➔ **na vodní bázi**
- ➔ **bez označení nebezpečnosti**
- ➔ **slabý zápach**
- ➔ **vysoký čisticí účinek**

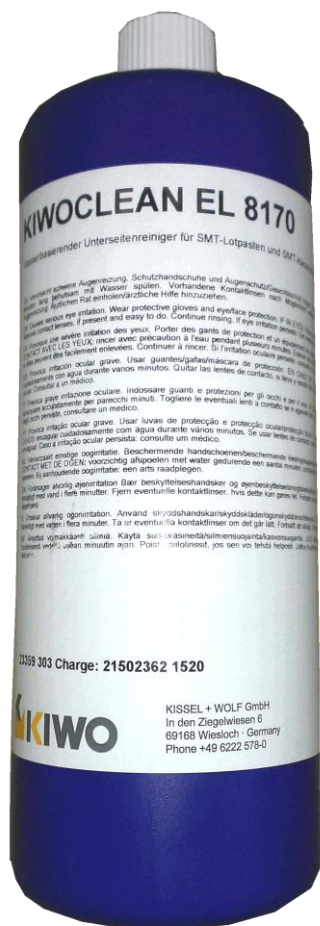




products – concepts – solutions

Čištění šablon „UNDERSITE“ v sítotisku

KIWOCLEAN EL 8170



- ➔ na vodní bázi
- ➔ jednosložkový čistič
- ➔ žádné nebezpečné složky
- ➔ slabý zápach
- ➔ vysoký čisticí účinek
- ➔ rychlé schnutí
- ➔ biologicky odbouratelný



products – concepts – solutions

Partner pro Českou a Slovenskou
Republiku:



INTERCONTI Ing. Tomáš Bravený s.r.o.

Tel.: +420 541 222 637

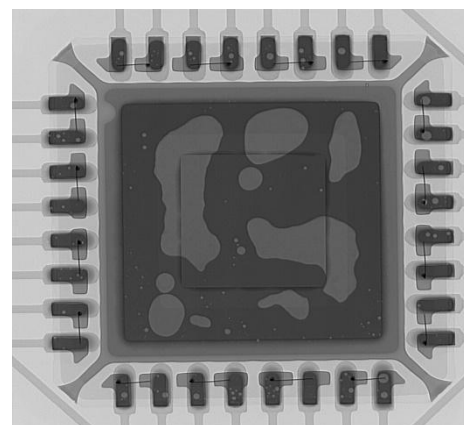
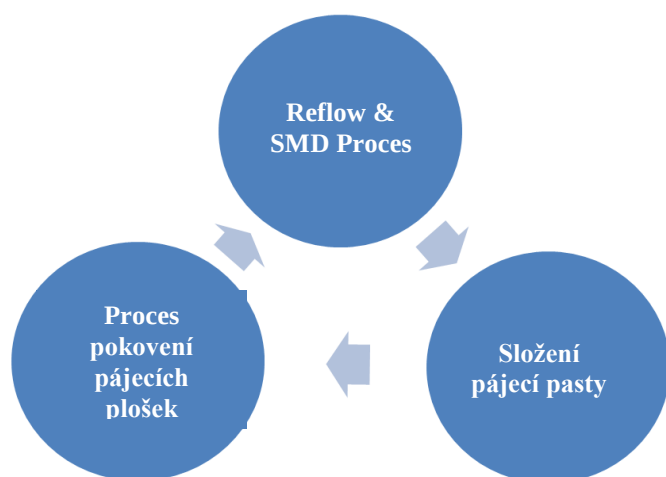
Email: info@interconti.cz

Redukce tvorby voidů během pájecího procesu

Přednášející:

Michal Duda (PBT Rožnov p. R. s.r.o.)

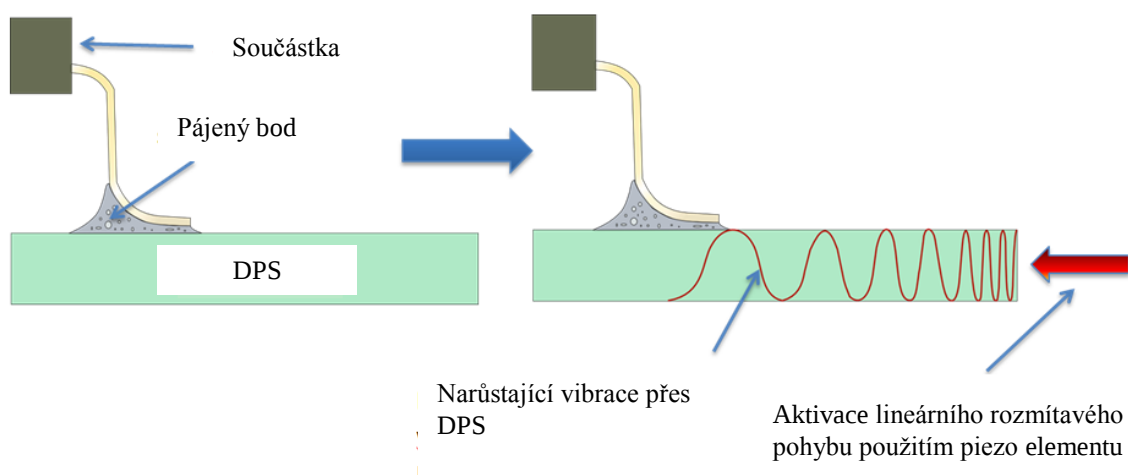
Ovlivňující faktory vzniku voidů



Rentgenový snímek QFN součástky s voidy



Snížení tvorby voidů použitím sinusových vibrací o malé amplitudě s piezoelektrickým buzením a postupně narůstající frekvencí.



HOTFLOW 3/20 "Bez tvorby voidů"



- implementace modulu do stávajících konfigurací strojů ERSA

Účinnější, efektivnější a levnější alternativa vakuovému pájení.

InterSelect Germany presents

THE NEW GENERATION of Selective Soldering Machines

WORLDWIDE NETWORK. INNOVATIVE PRODUCTS.
PERFECT SERVICE. GERMAN QUALITY.



THE NEW GENERATION
of Selective Soldering Machines
WORLDWIDE NETWORK. INNOVATIVE PRODUCTS.
PERFECT SERVICE. GERMAN QUALITY.



our customers

- automotive sector
 - contract manufacturer
 - military
 - vision technologies
 - telecommunication sector
 - medical
- ... and many more

THE NEW GENERATION
of Selective Soldering Machines
WORLDWIDE NETWORK. INNOVATIVE PRODUCTS.
PERFECT SERVICE. GERMAN QUALITY.



**The IS-T-300 launched in January 2014
And already more then 50 unites installed till now**



THE NEW GENERATION
of Selective Soldering Machines
WORLDWIDE NETWORK. INNOVATIVE PRODUCTS.
PERFECT SERVICE. GERMAN QUALITY.



InterSelect Selective Soldering machine range



Unique Features on all InterSelect machines

No one else can provide these features

- very small footprint
- big soldering area
- large area top and bottom preheat
- fast and easy programming software
- very low power consumption
- extremely flexible setup and handling
- fast ROI

**largest soldering area
compared to its small
footprint**



IS - I – 460 modular with up to 4 PCB in production



fluxing

preheating

soldering



THE NEW GENERATION
of Selective Soldering Machines
WORLDWIDE NETWORK. INNOVATIVE
PERFECT SERVICE. GERMAN QUALITY

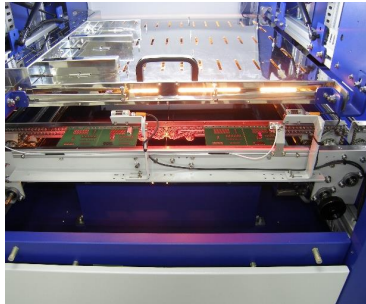


IS - I – 460 modular with up to 6 PCB in production

Parallel



fluxing preheating



soldering



THE NEW GENERATION
of Selective Soldering Machines
WORLDWIDE NETWORK. INNOVATIVE PRODUCTS.
PERFECT SERVICE. GERMAN QUALITY.



InterSelect Contact Information

InterSelect GmbH
Perläckerstraße 11
D-76767 Hagenbach
Germany

phone: +49 7273-949466 - 0
fax: +49 7273-949466 - 99
email: info@myinterselect.de
www.myInterSelect.de

Interselect/Interflux Singapore Pte Ltd
2 Kallang Pudding Road
04-12 Mactech Building
Singapore 349307

phone: +65 68487818
fax: +65 62346217
email: wimvanriet@myinterselect.com.sg
www.myinterselect.com.sg

KONTAKTNÍ INFORMACE

Amtest Czech Republic, s.r.o.

Ječná 29a

62100 Brno

Tel: +420 541 634 353

Fax: +420 541 634 461

Email: info@amtest.cz

WWW: www.amtest.cz



Vady DPS – Analýza a detekce (Dokumenty: IPC, IEC, DfR Solutions, IAL-FA, Fraunhofer IZM)

[K. Jurák, Praha + Z. Nejezchlebová, ÚNMZ -- SMT-info 10/2015]

PCB and PCBA Defects - Analysis and Detection (Documents of: IPC, IEC, DFR Solutions, IAL-FA, Fraunhofer IZM)

Poznámka: Citace v hranatých závorkách „[xxx]“ lze použít web *google.com*.

Termíny **Defect** (vada), **Failure** (porucha) a **Fault** (poruchový stav) jsou definovány např. v normách IEC 60050-192 a IEC 60194, avšak praxe je používá poněkud volně. Společný význam podle slovníku je **nedostatek** (rozpor se specifikací/funkčností/očekávaným stavem).

IPC-A-600 a **IPC-A-610** definují **vady** přejímaných neosazených a osazených desek, podle předem dané **třídy** (1, 2 nebo 3) použití výrobku a rozlišují stavy hodnoceného parametru/vlastností: **Target Condition**, **Acceptable Condition**, **Defect Condition** a **Process Indicator Condition** [..ipc.org].

IEC 61191 a **IEC 62326** definují **vady** osazených a neosazených desek podle předem dané úrovně (A, B nebo C) použití výrobku [...iec.ch].

IEC 60194 (terminologie DPS) definuje různé úrovně vad: **Defect**, **Critical defect**, **Major defect** a **Minor defect**.

Detekce vad SMT elektronických modulů může být součástí automatické vizuální kontroly vyrobené zapájené desky, kde testovací software obsahuje algoritmy pro sledování geometrie a tvarů zapájených součástek a vad [*Defect Detection of SMT Electronic Modules*] Appl. Math. Inf. Sci. 7, No. 2, 515-520 (2013).

Analýza možného výskytu a vlivu poruch – Metoda FMEA

[VŠB-TU Ostrava]

Přínosy používání metody FMEA

- FMEA představuje systémový přístup k prevenci nejakosti
- umožňuje odhalit riziko možných vad a stanovit priority opatření ke zlepšení
- optimalizuje návrh, což se projeví ve snížení počtu změn ve fázi realizace
- vytváří cenné informační databáze o produktu či procesu
- náklady na její provedení jsou nižší než náklady, které by mohly vzniknout při výskytu vad

Fáze analýzy FMEA

- návrh opatření,
- analýza a hodnocení současného stavu,
- hodnocení stavu po realizaci opatření

Postup aplikace FMEA procesu

- dekompozice procesu na jednotlivé dílčí procesy
- analýza možných vad
- analýza možných následků vad
- analýza možných příčin vad
- analýza stávajících preventivních opatření
- analýza stávajících způsobů kontroly
- hodnocení významu, očekávaného výskytu a odhalitelnosti možných vad
- výpočet rizikových čísel a jejich porovnání s kritickou hodnotou
- návrh a realizace opatření ke snížení rizik
- hodnocení rizik po realizaci opatření.

ETH Zürich (Vysoká škola technická v Curychu); master program; elektrotechnika a informační technologie::

Fyzika poruch a analýza poruch elektronických obvodů (*Physik der Ausfälle und Ausfallanalyse elektronischer Schaltungen*)

DfR Solutions (Design for Reliability) – společnost zaměřená na **analýzu** návrhu elektronických sestav z pohledu potenciálních poruch [Electronics Design Manufacturing Reliability Presentations and Tutorials DfR Solutions].

Techniky analýzy poruch/vad

[IPC APEX 2012; dfrsolutions]

Nedestruktivní techniky:	Destruktivní techniky:
- Vizuální kontrola - Elektrická měření - Reflektometrie v časové oblasti - Akustická mikroskopie - Rentgenová mikroskopie - Tepelné zobrazování (infračervená kamera)	- Rozpouzdřování - Zaleptání plazmou - Výbrusy - Tepelné zobrazování - Skenovací elektronová mikroskopie - Mechanické testování (trhačky, stříhové namáhání drátků, kuliček pájky, čipů)

Postup analýzy poruch/vad – Součástky

[IPC APEX 2012; dfrsolutions]

- Parametrická měření
 - porovnání se specifikacemi v datových listech
- Sledovač křivek
 - přivede se střídavé napětí; získá se graf závislosti napětí na proudu
 - vhodné pro hodnocení diod, tranzistorů, a rezistorů
- Reflektometrie v časové oblasti (TDR)
 - sledování vstupního a odraženého elektrického impulsu podél cesty
 - měření fázového posunu odraženého signálu ukazuje potenciální nehomogenity
- Další měřicí přístroje
 - měřič LRC (indukčnosti, kapacity nebo rezistence)
 - měřič velkých rezistancí (svodové proudy < nA)
 - měřič malých rezistancí < mΩ (metoda 4-vodičů)
- Použití dalšího klimatického namáhání
 - polovodičové součástky
 - růst teploty nebo teploty a vlhkosti může vyvolat zvýšení svodových proudů pasivní součástky

Postup analýzy poruch/vad – Neosazená deska

[IPC APEX 2012; dfrsolutions]

- Testování v obvodu (ICT)
 - primárně se provádí jako kontrola propojení (pole jehel nebo létající sonda)
 - detekce elektrických zkratů a rozpojení
 - založeno na pravidlech vyhovuje/nehovuje
 - dovoluje relativně přesnou identifikaci místa poruchy
- Reflektometrie v časové oblasti (TDR)
- Měření rezistance (manuální – přístup vyhovuje/nehovuje)
- Klimatická namáhání
 - elektrické zkraty (teplota/vlhkost)
 - elektrická rozpojení (teplotní cyklování)
 - vyžaduje se kontinuální monitorování (intermitentní chování)

Postup analýzy poruch/vad – Osazená deska

[IPC APEX 2012; dfrsolutions]

- Funkční testování
 - velmi vhodné pro případ „dílčí“ trvalé poruchy
- Mezní skenování podle JTAG (Joint Test Action Group – *Společnost elektronického průmyslu*)
 - dovoluje testování integrovaných obvodů a jejich propojení použitím 4 I/O pinů (hodiny, vstupní data, výstupní data a řízení stavového stroje)
 - dovoluje relativně přesnou identifikaci místa poruchy, provádí se však zřídka na jednotkách v poruše (přednostní náhrada za testování v obvodu – ICT)
- Osciloskop
 - měření fluktuací napětí jako funkce času (pasivní)
 - užitečné při prověřování operačních obvodů
 - digitální zachycování umožňuje lepší dokumentování
 - možno použít samostatný osciloskop nebo variantu s PC

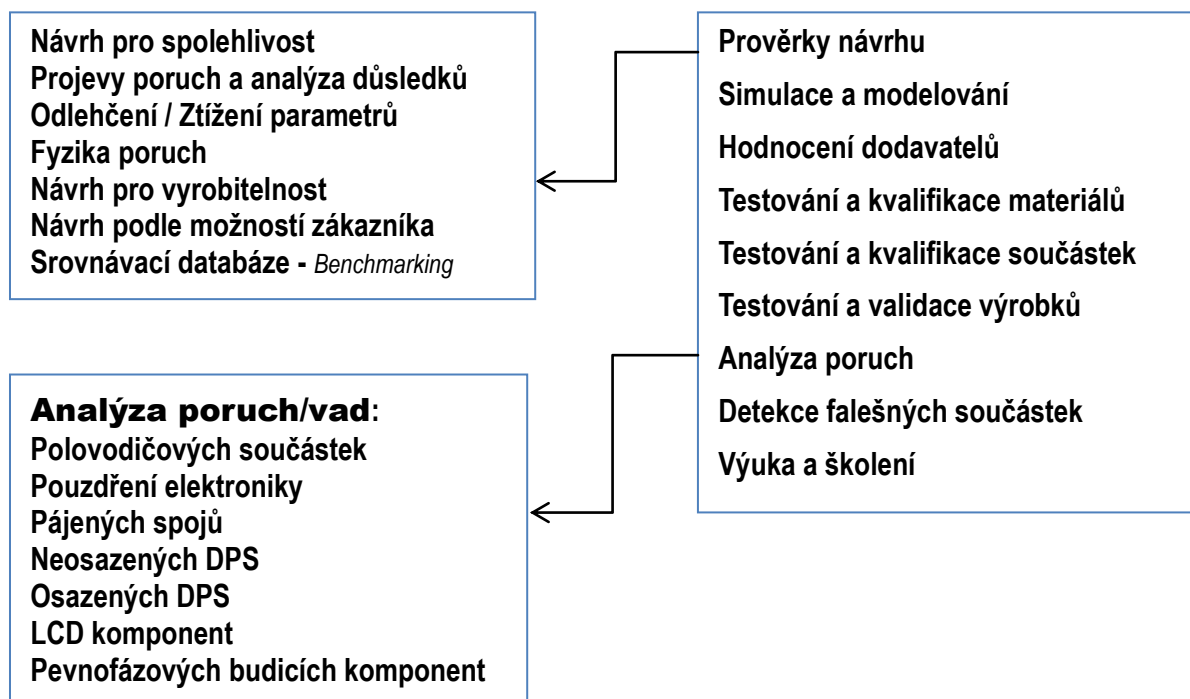
- Izolace připojených komponent
 - snaha provádět co nejvíce elektrických měření bez vyjmutí komponenty
 - lze uvažovat o odizolování (nožem, pomalou pilou)
- Klimatická namáhání
 - přístup obdobný jako pro neosazené desky

FRAUNHOFER IZM (Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration) – jedna ze společností **Fraunhofer-Gesellschaft**. Na smluvním základě provádí IZM výzkumné práce z oboru propojovacích technologií, spolehlivosti elektronických systémů a jejich integrace do aplikačního prostředí; např. měření charakteristik příslušných materiálů, provádění kvalifikačních zkoušek a **analýzy** poruch pro zákazníky [[..izm.fraunhofer.de](http://izm.fraunhofer.de)].

Insight Analytical Labs, Inc. – nabízí služby laboratoře **analýzy** poruch elektronických sestav a kontrolní činnosti v téže oblasti [[..ial-fa.com](http://ial-fa.com)].

Authenticity Analysis	Zjišťování falešných komponent; (noname komponenty)
Construction Analysis Services	Zjišťování konstrukčních podrobností o součástce nebo desce; stanovení mechanismů poruchy a vady
Destructive Physical Analysis, DPA	Destruktivní fyzikální analýza; část konstrukční analýzy
Discrete Failure Analysis	Analýza poruch diskretních součástek
Dual-Beam FIB Services	Dva fokusované iontové svazky
Failure Analysis	Analýza poruch
IC Failure Analysis	Analýza poruch integrovaných obvodů
Inspection Services	Kontrolní služby: polovodiče, DPS, e-sestavy
MEMS Failure Analysis	Analýza poruch součástek MEMS
Package Integrity Testing	Testování integrity pouzdra
PCB Failure Analysis	Analýza poruch DPS
PCB Inspection Services	Kontrolní služby pro DPS
PCB Quality Auditing	Audity kvality pro DPS
Real Time High Resolution X-Ray Inspection	Rentgenová kontrola s vysokým rozlišením, v reálném čase
RoHS Auditing Inspection	Auditní kontroly na RoHS
Scanning Acoustic Microscopy	Skenovací akustická mikroskopie
Services at Insight Analytical Labs	Služby poskytované laboratořemi IAL
Teardown Services	Služby „destrukce“ komponenty
• Device teardown (decapsulation, cross-section)	• Destrukce součástky (otevření, rozpouzdrění, rozřezání)
Wafer Lot Acceptance	Přejímka desek/waferů po dávkách; MIL-STD-883/metoda 2018

DfR Solutions – Nabízené služby [dfrsolutions]



Vliv zrychleného stárnutí na smáčivost povrchových úprav DPS

J. Starý, FEKT VUT Brno, stary@feec.vutbr.cz

Smáčivost (wettability) je 1. fází vzájemného fyzikálně-chemického působení atomů roztavené pájky na povrch spojovaného materiálu. Při smáčení začínají působit meziatomární síly. Na místech mezifázového rozhraní tak postupně vznikají vazby, které se rozšiřují po celé ploše styku. Dochází přitom ke snižování volné povrchové energie systému. Během procesu smáčení se dva volné povrchy - roztavená pájka a tuhý kov mění v jedno mezifázové rozhraní. Na tomto mezifázovém rozhraní přechází atomy roztaveného kovu do mřížky tuhého kovu. Dochází ke spojování valenčních elektronů jednotlivých kovů a k vytvoření kovové vazby. Nevytvoří-li se na spojovaném kovu společná fáze, nedojde ani k odpovídající úrovni smáčení. Většinou dochází k rozpouštění i k difúzi spojovaných kovů. Procesy jsou úměrné teplotě. Ve třetí fázi dochází k chladnutí vytvořeného spoje a ke krystalizaci pájky. Začínají se vytvářet krystalizační zárodky a začíná růst zrn pájky. Velikost zrn závisí na rychlosti chlazení, přičemž při pomalém chlazení se vytváří větší zrna, které snižují spolehlivost spoje.

Špatná pájitelnost povrchů se v elektrotechnické výrobě podílí na velkém množství defektů. Správná volba materiálů i optimalizace procesu je důležitým krokem k bezdefektnímu pájecímu procesu.

Tepelnému stárnutí byly podrobeny frézované vzorky oboustranně Cu plátovaného základního materiálu FR4 rozměru 20 x 5 x 1 mm s povrchovými úpravami ENIG, Sn imerzní a HAL LF.

Tepelné stárnutí:

- 155 °C – 2 hodiny horkovzdušná sušárna BMT
- reflow pájení v kondenzační vsázkové peci ASSCON s médiem Galden 230, profil zvolen pro pájení DPS s masivními kovovými chladiči a VV DPS.

Tloušťky povrchových úprav po výrobě:

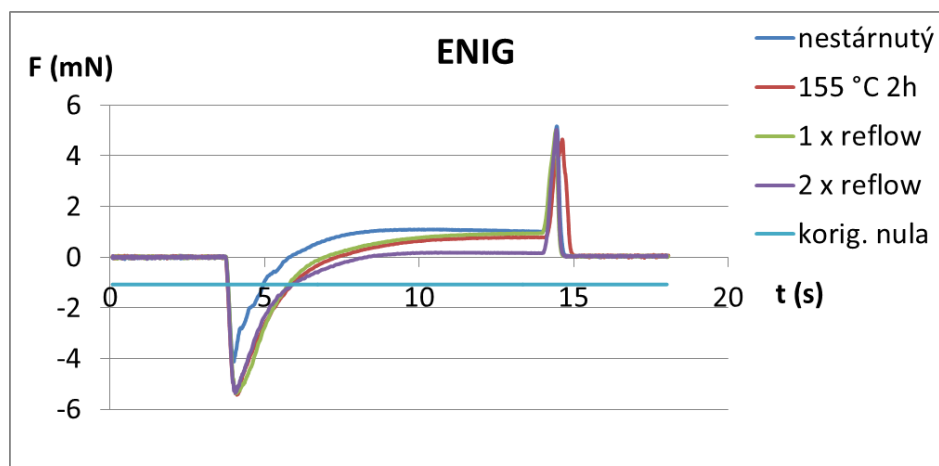
ENIG Ni (xray) – 4,68 μm, Ni (mikrovýbrus) – 5,4 μm, Au (x-ray) – 0,05 μm.

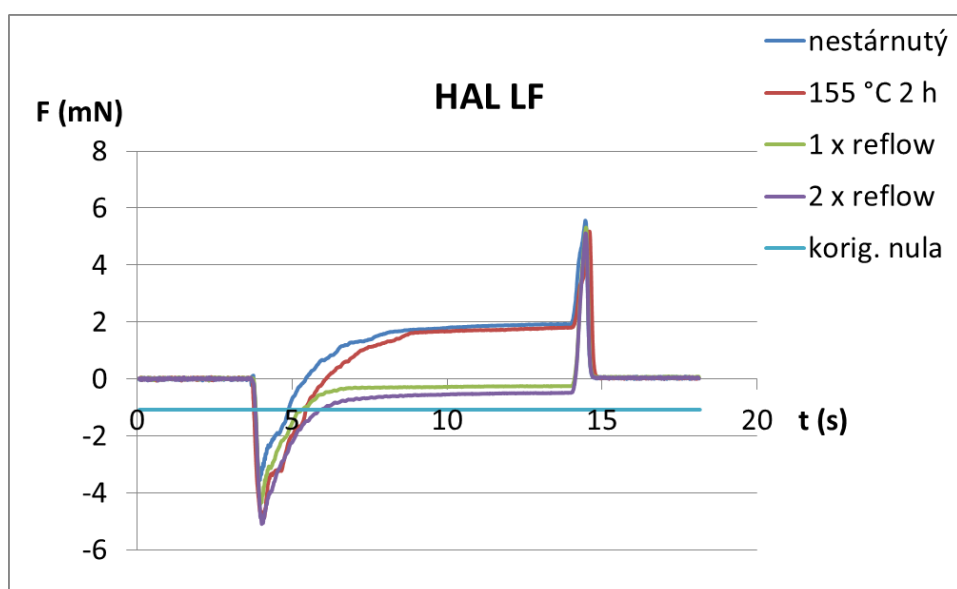
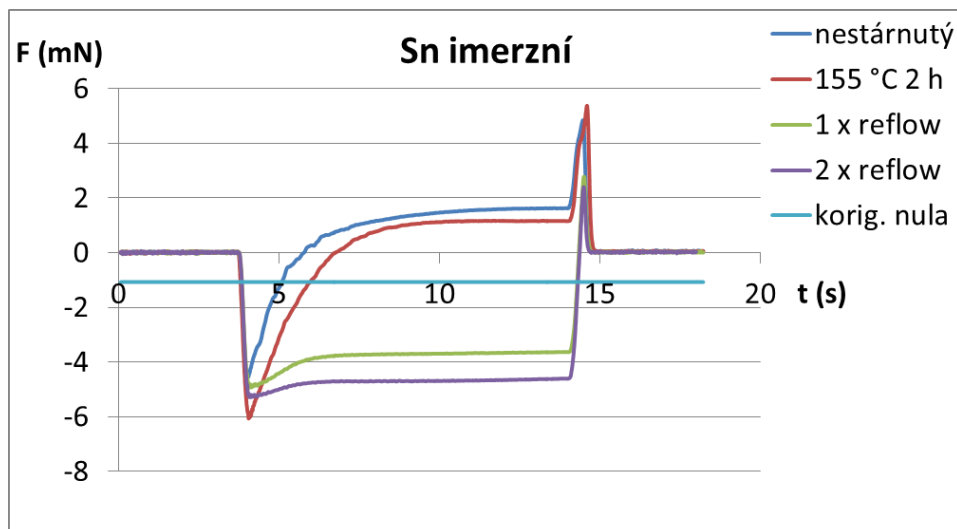
Sn imerzní (xray) – 2,3 μm, Sn imerzní (mikrovýbrus) – 1,7 μm.

HAL LF 6- 15 μm.

Vzorky byly testovány na zařízení meniskograf s pájkou SAC 305, teploty 245 °C, rychlost ponoru 10 mm/s, hloubka ponoru 3 mm. Použité VOC Free tavidlo Kester 979T. Měřítkem dobře smáčivého povrchu je rychlost smáčení, smáčecí síla $F_{\max}$, doba, za kterou dojde k dosažení $2/3 F_{\max}$, poměr $F_{\max}/t_{2/3F_{\max}}$, úroveň odsmačení aj. Korigovaná nula udává hranici mezi smáčivým a nesmačivým povrchem (tj. 90 °).

Porovnávání smáčecí charakteristiky:





Závěr:

Měření potvrdilo předpoklady, že nejstabilnější hodnotu smáčení povrchu vykazuje PÚ ENIG. Bezolovnatý HAL, zejména po reflow cyklech zhoršuje smáčecí charakteristiky, nicméně povrch zůstává smáčivý. Imerzní cín po vystavení náročnějšímu reflow pájecímu procesu se může stát nesmáčivým. Zrychlené stárnutí při teplotě 155 °C po dobu 2 hodin simuluje přirozené stárnutí po dobu 1 roku. Všechny povrchy po tomto tepelném stárnutí vykazovaly velmi dobrou smáčivost, přičemž nejmenší pokles smáčivosti zaznamenala povrchová úprava bezolovnatého HALu.

Toto měření bylo provedeno ve spolupráci s firmou GATEMA Boskovice 9 – 10/2015.

Použitá literatura:

- [1] Wassing, R., J., K.: Soldering in Electronics, Electrochemical Publications Limited, 1984, ISBN 0 901150 142

Profilování přetavovací pece pomocí profiloměrů M.O.L.E.

Electronic Controls Design Inc. (ECD) je společnost uznávaná po celém světě jako **špička v oblasti tepelného monitorování a analýzy technologií**. Se základnou v Milwaukie, Oregon, je společnost průkopníkem v oblasti designu, vývoje a výroby moderních tepelných profilovacích systémů a softwaru určeného ke sledování a analýze procesních teplot v různých průmyslových odvětvích, včetně elektroniky, solárních systémů, pečení, a mnoha dalších. Dobře známé pro své bohaté datové softwarové platformy a robustní funkčnost hardwaru, výrobky ECD jsou volbou inženýrů a profesionálů po celém světě.

Oblasti výroby:

- Přenosné tepelné profiloměry.
- Přístroje pro optimalizaci pájecí vlny.
- Nástroje pro plánování automatických reflow pecí.
- Monitorovací přístroje.
- Optimalizační systémy pro dávkování tavidla.
- Systémy sledující vytvrnutí práškových barev.
- Systémy pro optimální efektivitu výroby, aj.

Tepelné profilování je uznávaná nutnost pro pájení desek s plošnými spoji. Je vždy nutno činit rozdíl mezi profilováním desky a profilováním pájecí pece. Tento rozdíl musí být zřetelný, aby bylo možno přesně určit, kdy je třeba profilování desky efektivně nahradit profilováním pece, pochopit přednosti takového postupu a stanovit požadované parametry pro úspěšnou implementaci.

Ing. Marin Abel www.teplotní-profilomery.cz

Představení firmy ATF – výrobce pájecích vln a strojů pro selektivní pájení a pájení v parách

Firma ATF je tradičním výrobcem malých a středních pájecích vln na evropském trhu. Pájecí vlny jsou vyrobeny z materiálů odolávajících bezolovnaté pájecí slitině. Od samého počátku v roce 1991, ATF se zaměřuje na vývoj a výrobu strojů pro pájení vlnou. V současné době do portfolia patří i nabídka zařízení pro selektivní pájení a zařízení pro pájení v parách.

Od svého založení v roce 1991 se společnost zaměřila výhradně na vývoj, výrobu a distribuci pájecích vln. V roce 1995 společnost Electrovert, světový lídr na stroje pro pájení vlnou, hledala partnera pro výrobu menších a středně velkých strojů. To byl začátek vzájemně výhodného vztahu. Stroje vyvinuté pro Electrovert Neupak nastavují nové standardy: flexibilitu, pájecí výkon a řízení pomocí počítače. Tyto jedinečné vlastnosti umožnily založení celosvětového úspěchu pájecích vln. Vzhledem k celosvětové prodejní síti společnosti ATF zvýšil podíl exportu na více než 75%. Již v roce 2002 export dosáhl počtu 1000 strojů.

ATF pájecí systémy se používají všude tam, kde je zapotřebí kompaktní systém poskytující všechny technicky možné funkce. Příkladem je Auto-Detect sprejový fluxer, který detekuje a dávkuje tavidlo pouze na plochu DPS. Nebo funkce roll-out, která umožňuje zaměnit pájecí vanu pro různé slitiny. Další silnou stránkou je flexibilita nabízených řešení na míru, od jednoduchých pájecích pracovišť s pájecím stroji až po hlavní součást kompletních montážních linek s více pracovními stanicemi.

Přehled pájecích strojů ATF

- **Pájecí vlny**
- **Selektivní pájecí vlny**
- **Kombinované vlny**
- **Stroje pro pájení v parách**

Ing.Martin Abel www.abetec.cz

Finetech, výrobce opravárenských pracovišť na BGA a mikromontáž

FINETECH je německá společnost vyrábějící inovativní, vysoce přesná zařízení pro rework a mikromontáž. Systémy FINEPLACER® jsou navrhovány modulárně tak, aby byly maximálně efektivní a vhodné pro ruční, poloautomatické i plně automatické konfigurace. Aplikace sahají od výzkumu a vývoje a prototypování (vysoká přesnost, nízký objem) až po plně automatizovanou výrobu o vysokém objemu.

Zařízení FINEPLACER® jsou **univerzální opravárenské systémy**, nabízející energeticky úspornou technologii předělávek horkým plynem pro široké spektrum součástek SMD, a to od nejmenších až po velké BGA. Stroje se vyznačují **jednoduchou obsluhou**, integruje kompletní cyklus předělávek SMD do kompaktního provedení, aniž by se zhoršila jeho funkčnost. Právě naopak, k dispozici jsou takové profesionální vlastnosti, jako je digitální kalibrace, čidlo spuštění procesu, spínání procesního plynu, předělávka pouzder 01005, **rozpoznávání DPS snímáním čárového kódu**, a uživatelské rozhraní na dotykové obrazovce, což z tohoto systému činí investici, jež se nemusí obávat budoucnosti. Zařízení FINEPLACER® se dodávají se **spodním přehřevem o vysoké účinnosti**, vyvinutým pro předělávky malých DPS, např. pro mobilní přístroje.

Zařízení pro mikromontáž DPS jsou určena pro osazování velmi malých SMD komponent s precizní přesností. Přesnosti osazení se pohybují již od 0,5 µm a osazovat lze součástky již od velikosti 0,1 mm x 0,1 mm.

Ing.Martin Abel www.bga-rework.cz

Martin SMT, výrobce opravárenských pracovišť BGA a dávkovacích systémů

Německá firma MARTIN je předním evropským výrobcem **rework systémů a systémů dávkování**.

Historie firmy MARTIN začíná v roce 1982, kdy ji založil pan Bernhard Martin. Zatímco stále ještě studoval na diplomovaného inženýra, vyvinul první evropské zařízení na měření objemu lepidla, čímž odstartoval svoji kariéru. Následovaly četné vývoje a patenty v oblasti **dávkování a opravy DPS**. V průběhu let se rozšířil rozsah zařízení, zavedením doplňujících jednotek a kompletních systémů. Nyní patří firma MARTIN GmbH, s 30 zaměstnanci, ve své oblasti mezi lídry na trhu a je mezinárodně reprezentována pevně tkanou sítí prodejců.

V roce 2009 získala MARTIN GmbH firma FINETECH GmbH, Berlin (www.finetech.de), včetně veškeré know-how a všech zaměstnanců. MARTIN však zůstává volně stojící organizací a nadále nabízí své výrobky a služby. Bude pokračovat s technologickým vývojem a poskytováním zařízení, které vyhovuje současným i budoucím požadavkům trhu. Závazek vysoké kvality a spolehlivosti i nadále zůstává prioritou.

Rok 2009 znamenal vstup hybridní technologie přehřevů do říše oprav DPS. Nový přehřev pracuje s infračerveným zářením a je podporován mírným proudem horkého vzduchu. Výsledkem je optimální rozložení teploty, která umožňuje přesnější práci s deskami s reflexními plochami (keramika, měď, zlato), které musejí být zpracovávány s větší jemností. Tato technologie se používá v systémech 10.6 a 10.6XL.

Ing.Martin Abel www.bga-rework.cz

Vývoj v CT technológii s novými metódami zladenía (korekcia chvenia, rekonštrukcia lúča)

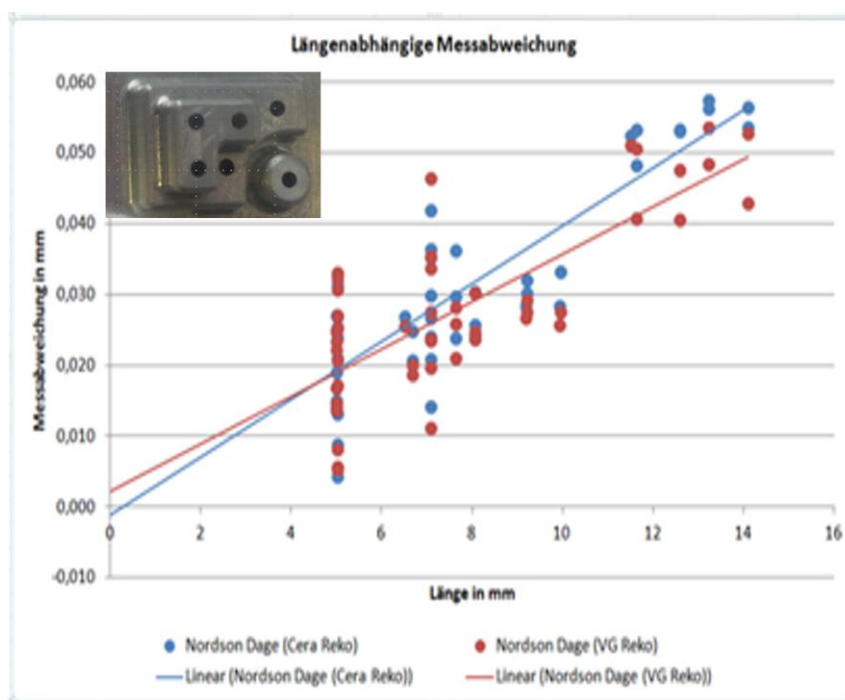
Dipl.-Ing. Peter Koch, Nordson Dage, Aylesbury/UK, e-mail peter.koch@nordsondage.com a Evstatin Krastev, Ph.D., Nordson Dage

Abstrakt

Mnoho priemyselných 2D röntgenov (2DX) používaných v PCB priemysle ponúkajú tiež funkciu 3D CT, tento spôsob poskytuje veľmi flexibilné, komplexné a nákladovo efektívne riešenie. Tieto stroje sú efektívne využívané vo výrobe, analýze a R&D. Prirodzene tieto systémy sú menej optimalizované pre 3D CT prácu v porovnaní s na to určeným a veľmi nákladným 3D CT systémom. V tomto článku budeme diskutovať o niekoľkých nových softvérových metódach, ktoré pomáhajú zlepšiť výkon 3D CT na zariadení 2DX. Patrí medzi ne metóda Novel Alignment pre CT kalibráciu¹, Jitter/vibration korekcia², a Automatic Alignment Correction pre Half-Beam CT geometrie³.

Úvod

Aby sa dosiahlo kvantitatívneho citu pre kvalitu modelu CT, možno použiť referenčný objekt, ktorý je presne obrobený a porovnávať merania CT do CAD dát. Tento typ štúdie je ilustrovaný na obrázku 1.



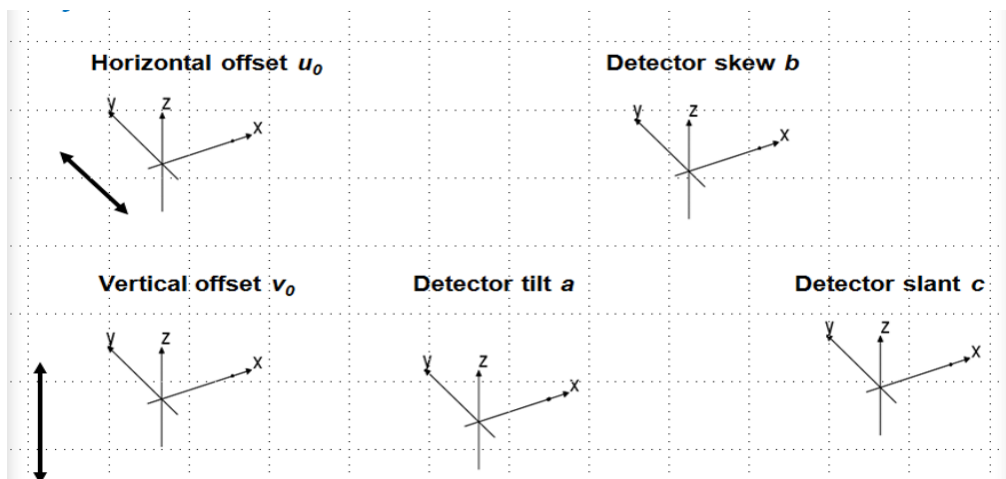
Obrázok 1. Porovnanie meraní CT CAD dát pomocou referenčného objektu (pozri obrázok). Dva rôzne softvérové balíky rekonštrukcie CT boli použité, vynesené v červenej a modrej farbe. X-os zobrazuje merania v mm a os y ukazuje odchýlku v mm. Tieto merania boli vyhotovené v "Departement Maschinenbau, Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik, Messzentrum FMT", University of Erlangen-Nürnberg

Z grafu na obrázku 1, je možné vyvodíť, že nad vzdialenosť 2 mm je odchýlka približne 8 μ m pre jeden z CT softwarov a 9,5 μ m pre druhý. To je menej presné v porovnaní s typickou odchýlkou mechanického merania, (1 až 3 μ m odchýlka). Nižšie diskutujeme o 3 rôznych softvérových prístupoch, ktoré nám umožňujú zlepšiť kvalitu a presnosť modelov CT. Patrí medzi ne Novel Alignment pre CT kalibráciu¹, Jitter korekcia² alebo oprava vibrácií pri získavaní snímok a automatická korekcia zarovnania pre Half-Beam CT geometrie³.

Meranie bolo uskutočnené pomocou dage XD7600NT Diamond FP CT s 2D rozlíšením 100N na "FAPS, Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik", University of Erlangen-Nürnberg v Norimbergu. Použili sme CERA CT softvér na rekonštrukciu od spoločnosti Siemens Medical Healthcare / Erlangen.

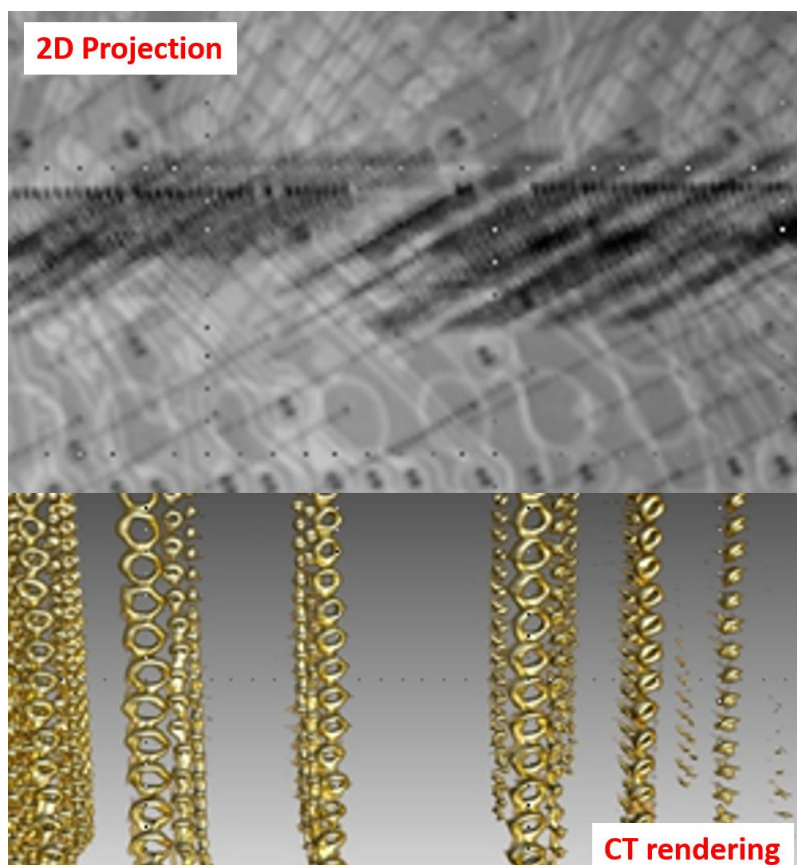
Metóda Novel Alignment pre CT kalibráciu

Výpočet posunov voči odchýlkam od ideálneho geometrického nastavenia je kľúčovým krokom pre akýkoľvek CT rekonštrukčný algoritmus. Balíček rekonštrukcie v ideálnom prípade potrebuje kompenzovať veľký súbor odchýlok od ideálnej geometrie CT. Medzi ne patrí horizontálna odchýlka detektoru, vertikálna detektor odchýlka detektoru, náklon detektoru a náklon osi rotácie (obrázok 2).



Obrázok 2. Početné odchylky ktoré musia byť kompenzované rekonštrukčným softvérom CT. ICT Conference 2014, Suitability of a new alignment correction method for industrial CT, Dr. M. Elter, Dr. N. Maaß, Dipl.- Ing. P.Koch

Väčšina CT metód pre výpočet odchýliek, ktoré sú v súčasnej dobe k dispozícii, implementuje krivkové integrály využívajúce nadbytok röntgenov. Avšak časť röntgenového žiarenia, ktoré je merané redundantne je pomerne nízka. Obrázok 3 ilustruje problém, ktorý sa niekedy objaví pri použití prístupu založeného na krivkových integráloch. Automatický výpočet odchýliek zlyhal čoho následkom je vykresľovanie prstencových artefaktov pri 3D renderovaní.



Obrázok 3. Príklad neúspešnej CT rekonštrukcie obrazujúci prstencové artefakty pri CT renderovaní. Pre výpočet offsetu boli použité štandardné krivkové integrály.

Vo výsledku, korekcia zarovnania na základe doplnujúcich lúčov / krivkových integrálov nie je veľmi robustná pretože pri nej je **zvyčajne len niekoľko** redundantne nameraných lúčov. V súčasnej dobe neexistuje žiadna komerčne dostupná metóda založená na krivkových integráloch ktorá:

- 1- Pracuje robustne pre všetky skupiny dát;
- 2- Má primeranú výpočtovú zložitosť;
- 3- Podporuje všetky príslušné CT geometrie (napr. kruhovú, šikmú, kruh + krivka, short-scan, a
- 4- podporuje všetky relevantné typy posunutia.

Za účelom kompenzácie všetkých týchto nedostatkov nový spôsob, ktorý používa redundancie v 3D Radónovej sfére (tj, informácie založené na plošnom integráli namiesto krivkového), je popísaný a potvrdený. Nižšie je uvedený krátky teoretický prehľad nového prístupu.

Picture any plane Ω through the object that intersects the source trajectory at least twice, at n and $\hat{n}$, with $n \neq \hat{n}$. Furthermore, let us denote the intersection between Ω and the detector plane as the line

$\theta(n, \mu, l)$, which is parameterised using the detector-based quantities $\mu \in [-\pi/2, \pi/2]$ (line orientation) and $l \in [-L_{\max}, L_{\max}]$ (signed distance between line and detector center (u0, v0)) (cf. Figure 1). In a cone-beam CT system without rawdata truncation (i.e. imaging the whole object in each projection), it is then possible to compute two redundant values associated to Ω : one involving data acquired from $s(n)$ along the line $\theta(n, \mu, l)$ and another one data from $s(\hat{n})$ along the line $\theta(\hat{n}, \hat{\mu}, \hat{l})$. The algorithmic steps that are necessary to formulate the relationship between the line data will be described in the full paper.

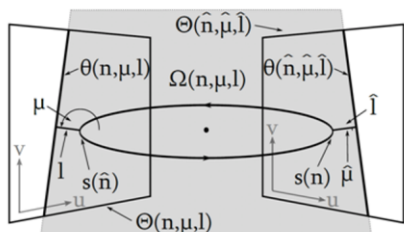
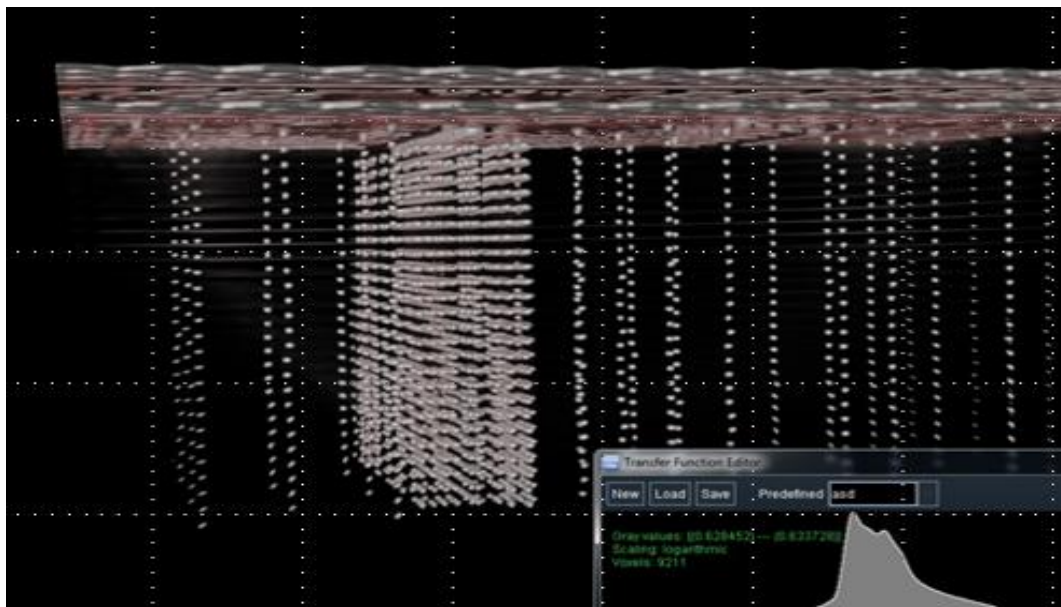


Figure 4. Illustration of the notations used for the Radon transform and the correlation between two corresponding lines $\theta(n, \mu, l)$ and $\theta(\hat{n}, \hat{\mu}, \hat{l})$. The plane $\Omega(n, \mu, l)$ connecting those two lines is indicated in grey.

ICT Conference 2014, Suitability of a new alignment correction method for industrial CT, Dr. M. Elter, Dr. N. Maaß, Dipl.-Ing. P.Koch

V priebehu minulého roka bolo viac než 100 súborov dát rekonštruovaných s týmto novým korekčným algoritmom založeným na plošných integráloch. Výsledky boli zvyčajne lepšie alebo porovnateľné so štandardnými metódami, ktoré využívajú krivkové integrály. Táto nová korekcia odchylky je úplne automatická a nevyžaduje zameriavacie značky alebo kalibračné merania.

Na obrázku 5 je zobrazená CT rekonštrukcia používajúca rovnaký súbor dát ako pri príklade v obrázku 3, ale s využitím algoritmu plošných Integralov. Výsledkom je vysoko kvalitná rekonštrukcia CT, ktorá bola získaná plne automaticky.



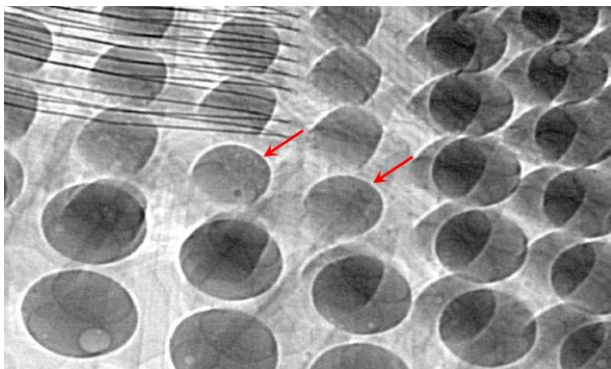
Obrázok 5. 3D vykresľovanie použitím rovnakej skupiny dát, ako na obrázku 3, ale pri použití novej korekcie odchylky s plošnými integrálmi. Výsledkom je vysoko kvalitná rekonštrukcia CT, ktorá bola získaná plne automaticky.

Short Scan rekonštrukcie

Naším ďalším cieľom bolo otestovať túto novú korekciu odchylky založenú na plošných integráloch pre prípad "Short Scan (skrátenej) rekonštrukcie".

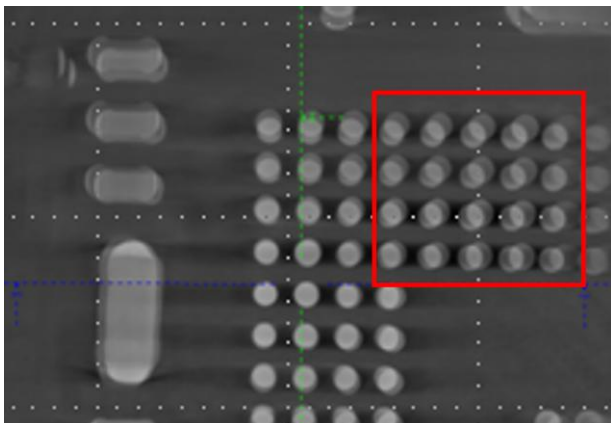
Zber dát bol vykonaný ako bežné CT (plné otočenie o 360 °), ale iba projekcie s obmedzeným uhlom boli kalibrované a rekonštruované. Tento prístup je veľmi užitočný, ak sa oblasť záujmu (ROI) väčšinou prekrýva s ďalšími súčiastkami alebo zber dát zlyhal vzhľadom k malému pohybu vzorky v určitom okamihu v priebehu CT snímania.

Ako príklad použijeme component Package on Package (POP) Head-on-Pillow (HOP) defektom. 2D snímok oblasti záujmu je zobrazený na obrázku 6.



Obrázok 6. 2D snímok HoP defektu (červené šípky) na PoP súčiastke.

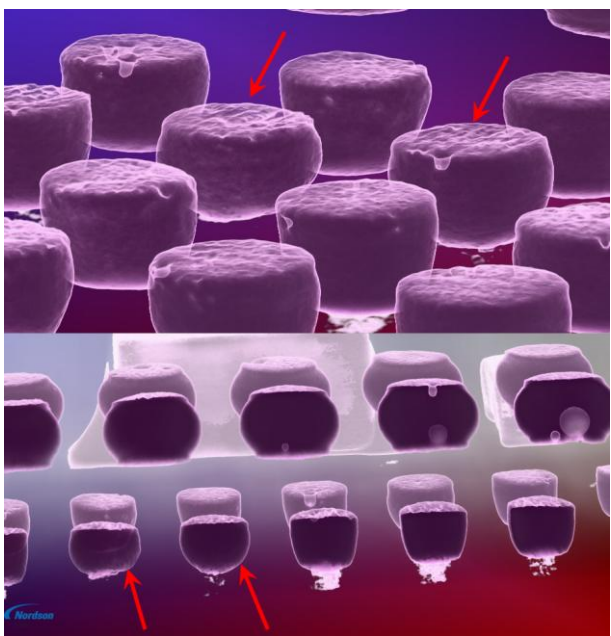
Po rekonštrukcii kompletneho setu; dát, sme pozorovali, že nebola úspešná, ako je znázornené na obrázku 7. "dvojité" obrazy v zobrazení MPR sú jasne viditeľné. Príčinou bol malý pohyb vzorku pri projekciách 433 a 434 (celkový počet projekcií bolo 1440).



Obrázok 7. Celá CT rekonštrukcia zlyhala kvôli malému pohybu vzorky pri projekciách 433 a 434. Tento stav je indikovaný pomocou "dvojitých" obrazov vnútri červeného obdĺžnika.

Aby sa kompenzovalo vyššie uvedené zlyhanie bez potreby ďalšieho snímkovania, použili sme pre ďalšie kalibrácie / rekonštrukcie iba projekcie 500 do 1440. Počet projekcií tohto krátkeho testu bol stanovený na 940, pretože projekcie 1 až 499 neboli použité. Celkový uhol bola nastavená na 235° ($235^\circ = 0,25^\circ \times 940$). Uhol 235° je dostatočne veľký aby sa potlačili artefakty, ktoré sú typické pre CT. Dôvodom je, že uhol pri otáčaní (Fächerwinkel) je väčší ako 1° : $235^\circ = 180^\circ + 55^\circ$ (Fächerwinkel = 55°).

Výsledky sú uvedené na obrázku 8 - veľmi kvalitný model CT efektívne odhali poruchu HoP.

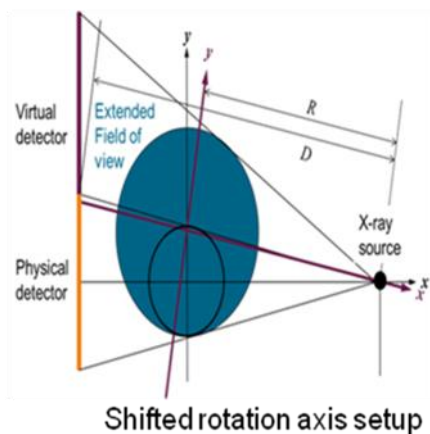
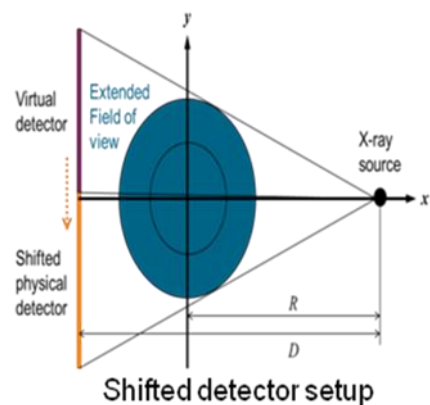


Obrázok 8. Skrátene skenovanie iba pomocou projekcií 500 až 1440. Rovnaký súbor údajov, ako na obrázku 7. Výsledkom je vysoko kvalitný model CT, ktorý odhaľuje HoP defekt jasne (červené šípky).

Vykonal sme rozsiahle testovanie short-scan rekonštrukcie s veľmi dobrými výsledkami, a tak môžeme odporučiť túto metódu pre priemyselné využitie CT.

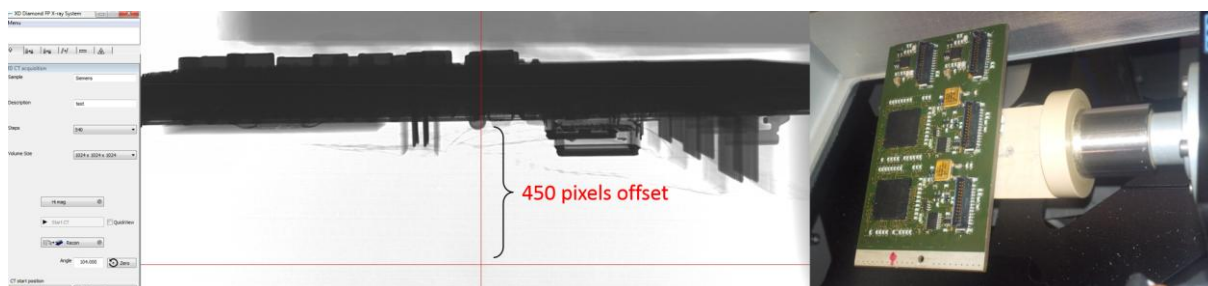
Automatická korekcia zarovnanie pre half-beam CT geometrie

V tomto odseku preberieme metódu, ktorá môže byť účinne použitá na zvýšenie zorného poľa field of view (FOV) z CT. FOV je v zásade obmedzená fyzickou veľkosťou detektora, veľkosťou vzorky a samotnou geometriou röntgenového systému. Zvýšenie FOV sa vykonáva mechanickým pohybom osi otáčania alebo detektora. Znázornené je to na obrázku 9.

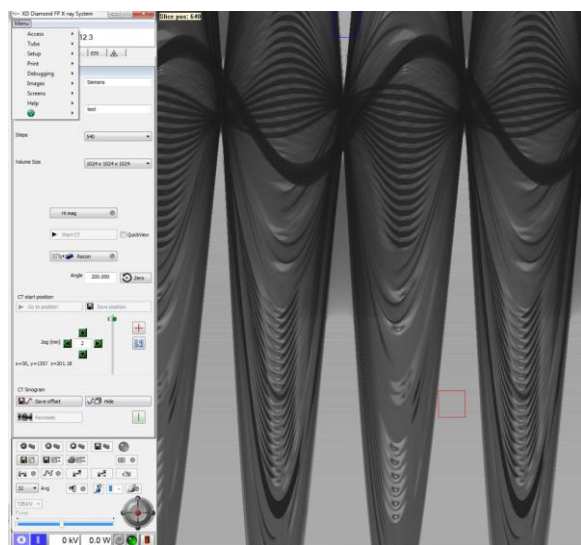


Obrázok 9. Half-beam princíp CT. Táto metóda sa používa na zvýšenie zorného poľa CT.³ Dr. M. Elter, Dr. N. Maaß, Dipl.-Ing. Peter Koch, „Automatic alignment correction for half-beam CT geometries“, CT Conference DIR Gent/B, 2015

Pri našich experimentoch bol pohyb vzorky v smere y (posunutie rotačnej osi). Boli získaných deväť half-beam dátových súborov. Tie sú všeobecne ovplyvnené „pritvrdením“ lúča, blokovanim fotónu, skrátením projekcie a odchylkou (detektora a rotačnej osi). Ako vzorka bola použitá štandardná doska plošných spojov (PCB). Na obrázku 10 vidíme zostavu so vzorkou pohybujúcou sa v smere osi Y o 450 pixelov a zodpovedajúci sinogram na obrázku 11.

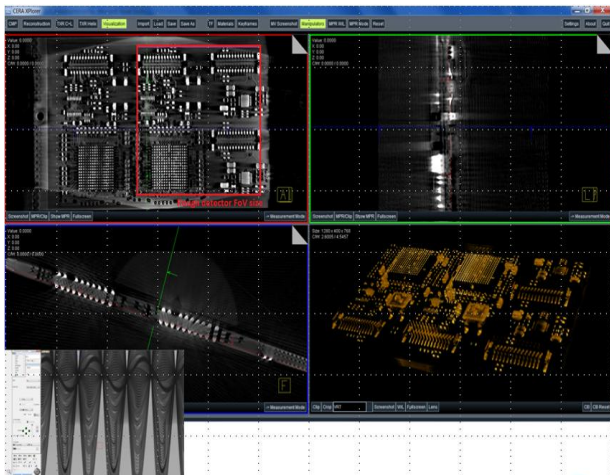


Obrázok 10. Posunutá os rotácie - vzorka sa pohybuje v smere Y o 450 pixlov. Röntgenový obraz na ľavej strane a optický na strane pravej.



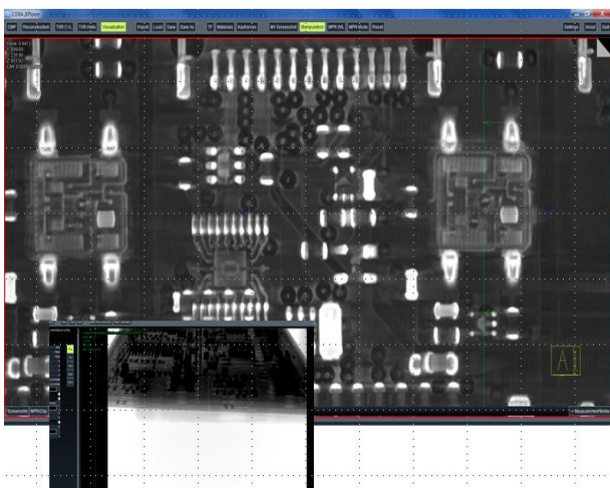
Obrázok 11. Sinogram zodpovedajúci posunutej osi otáčania zostavy znázornenej na obrázku 10.

Výsledná vizualizácia po kalibrácii a rekonštrukcii je zobrazená na obrázku 12 a 13. Je zrejmé, že bol vytvorený vysoko kvalitný CT model s väčším zorným poľom.



Obrázok 12. CT rekonštrukcia použitím half-beam techniky vytvorila vysoko kvalitný CT model s väčším FOV.

Rohy zväzku sú ovplyvnené tomografickými artefaktami, pretože uhol snímania je menší ako 180° pre rohové oblasti.



Obrázok 13. CT rekonštrukcia použitím half-beam techniky vytvorila vysoko kvalitný CT model s väčším FOV. Časť paralelna k doske ukazuje detailné znázornenie fyzického objektu.

Automatická korekcia zarovnania môže zvýšiť zorné pole až na 178%. Dodatočná doba pre úpravu trvala len 9-11s. Half Beam zobrazovanie znižuje redundanciu projekcie dát, ale zostávajúce redundancie boli dostatočné pre úspešnú korekciu posunutia.

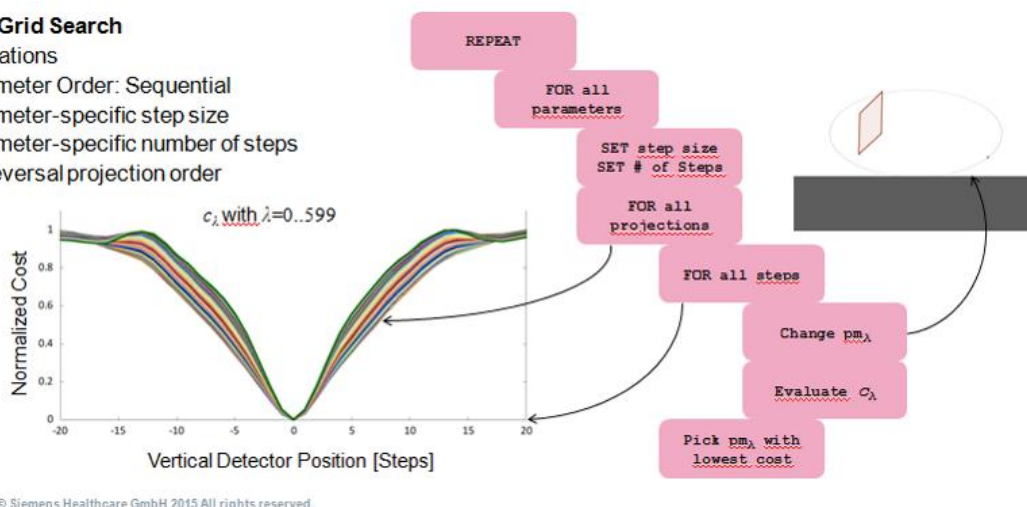
Kompenzácia mechanického chvenia

Poznať presnú geometriu usporiadania CT (poloha röntgenového zdroja (tuby), pozícia detektora a orientácia detektora) má zásadný význam pre kvalitný CT model. Mechanické nestability a vibrácie môžu spôsobiť odchýlky a výsledkom je významné zhoršenie CT modelu a následne zníženie presnosti a / alebo neschopnosť nájsť závady a detaily.

Pre kvantifikáciu konzistencie bola vyvinutá procedúra na perspektívne premietanie snímok so zodpovedajúcou informáciou o geometrii pohľadu. Na základe toho môže byť dosiahnuté algoritmické zlepšenie geometrie pohľadu. Spôsob tejto kompenzácie mechanického chvenia je podrobne popísaný Dr. Nicole Maass, ² "Compensation of Mechanical Jitter in Industrial Tomography", CT Conference DIR Gent/B in June 2015. Pozri Obrázok 14.

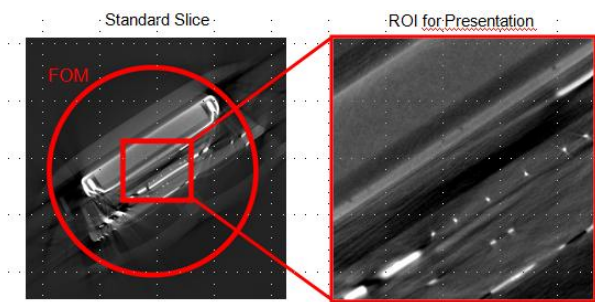
Simple Grid Search

- 2 Iterations
- Parameter Order: Sequential
- Parameter-specific step size
- Parameter-specific number of steps
- Bit-reversal projection order

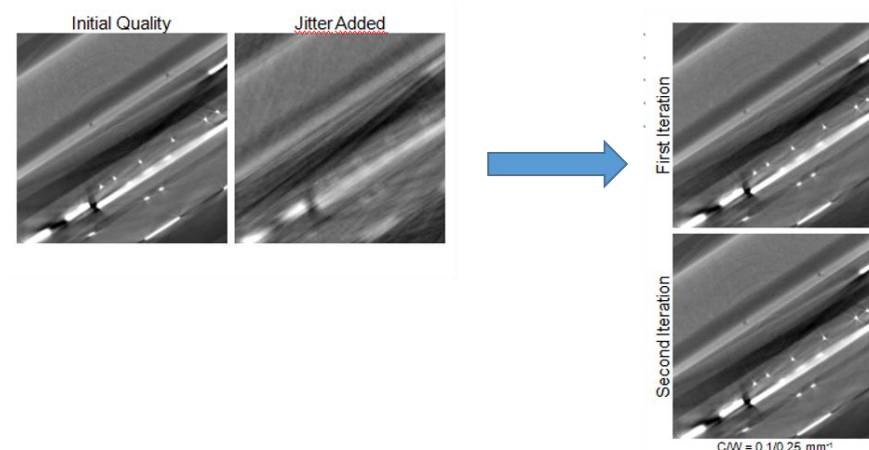


Obrázok 14. Princíp kompenzácie mechanického chvenia ² Dr. N. Maaß, "Compensation of Mechanical Jitter in Industrial Tomography", CT Conference DIR Gent/B, 2015

Pre potrebu testovania tohoto nového algoritmu sme použili ako objekt kľúč od auta. Štandardný CT snímok je zobrazený na obrázku 15, vrátane oblasti záujmu (ROI).



Obrázok 15. Štandardný CT snímok kľúča od auta vrátane oblasti záujmu. Účinok mechanického chvenia bol potom manuálne pridaný za účelom testovania metodiky. Následne je algoritmus korekcie mechanického chvenia aplikovaný v dvoch opakovaníach, ako je znázornené na obrázku 16.



Obrázok 16. Chvenie bolo pridané do CT modelu zámerne, a potom bol CT model spracovaný s algoritmom korekcie mechanického chvenia pomocou dvoch iterácií. Korekcia chvenia vytvorila kvalitný CT model s vysokým rozlíšením. Vo výsledku korekcia mechanického chvenia vytvorila CT model vo vysokej kvalite s vysokým rozlíšením, ktorý môže byť účinne použitý pre meranie a analýzu porúch. Táto metóda je dobrým kandidátom pre implementáciu v určitých tomografických aplikáciách.

Záver

Bolo zistené, že korekcia odchýlky na základe redundantne meraných plošných integrálov má oveľa lepšie výsledky ako štandardné algoritmy založené na krivkových integráloch. Tento nová **metóda zarovnávanie pre CT kalibrácie** je dokonale vhodný pre priemyselné CT aplikácie, Half Beam CT geometrie a Short Scan rekonštrukcie. Najdôležitejšie je, že celkové odchýlky geometrie ako posunutie detektora, naklonenie rotačnej osi, a naklonenie detektora môžu byť navrhovanou metódou spoľahlivo opravené. Korekcia je plne automatická a nevyžaduje zameriavacie značky alebo ďalšie CT merania kalibračného predmetu. Korekcia mechanického chvenia je užitočná technika, ktorá môže mať za následok zlepšenie kvality rekonštrukcie CT. To by malo byť ďalej testované na tomografických aplikáciách.

PodĎakovanie:

Autori by radi poďakovali špeciálne Mrs. Dr. Nicole Maaß zo Siemens Medical Healthcare in Erlangen za jej veľkú podporu. Rovnako veľká vďaka celému CERA-Teamu zo Siemens Medical Healthcare.

¹ Dr. M. Elter, Dr. N. Maaß, Dipl.-Ing. Peter Koch, „Suitability of a new alignment correction method for industrial CT“, iCT Conference Wels/A, 2014

² Dr. N. Maaß, „Compensation of Mechanical Jitter in Industrial Tomography“, CT Conference DIR Gent/B, 2015

³ Dr. M. Elter, Dr. N. Maaß, Dipl.-Ing. Peter Koch, „Automatic alignment correction for half-beam CT geometries“, CT Conference DIR Gent/B, 2015

⁴ Evstatin Krastev and John Tingay “Recent advances in the X-ray inspection technology with emphasis on large board computer tomography and automation”, PanPac Symposium 2014

⁵ John Tingay and Evstatin Krastev, “X-ray / Bond Tester reliability study of BGA devices – impact of interfacial voiding”, SMTAI 2014



www.nordsondage.com

Dipl.-Ing. Peter Koch, European X-Ray Application Engineer
peter.koch@nordsondage.com



www.quiptech.com

Ing. Peter Lacko, Regionál Sales Representative
placko@quiptech.com +420 604216050

Čištění – pomocná operace, nebo technologický proces?

VLADIMÍR SÍTKO

PBT Works sro., 756 61 Rožnov pod Radhostem, Lesní 2331, email: info@pbt-works.com

MICHAL ŠAFFER

PBT Rožnov p.R. ,s.r.o., 75661 Rožnov pod Radhoštěm, Lesní 2331, email: pbt@pbt.cz

Abstrakt

Téma přednášky vychází z našeho zjištění, že často je vnímáno čištění elektronických sestav jako neproduktivní operace, která nese pouze náklady a nezhodnocuje výrobek. Opak je pravdou. Hlavním důvodem pro odstranění tavidlových zbytků a nečistot, které vznikají při montáži, je zajištění provozní spolehlivosti. – Tedy dosažení cíle vyrobit předmět, který má všechny žádané vlastnosti.

Rozhodnutí, kdy čistit musíme a kdy to není nutné, závisí na některých základních faktech:

Zamýšlená funkce sestavy – tedy klasifikace ve třídě výrobku podle IPC 610

Předpokládaná životnost sestavy

Předpokládané klimatické zatížení sestavy – výskyt kondenzačních stavů.

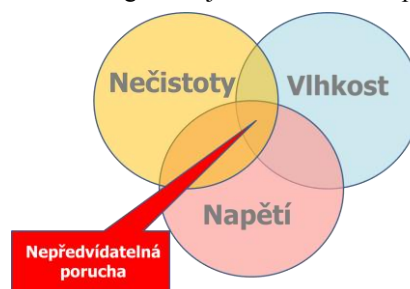
Korozní jevy – t.j. výskyt iontové migrace, provázené svodovými proudy, růst dendridů jsou statisticky významné příčiny vad a nebo ukončení funkce sestav. K tomu aby iontová migrace v jinak nekorozním prostředí nastala, potřebuje tři faktory:

Iontové aktivní látky

Napětí

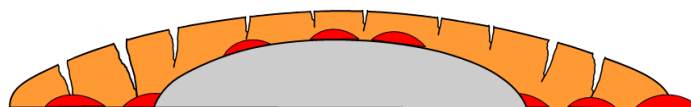
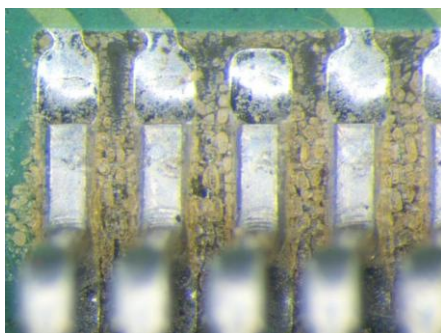
Vlhkost

Protože lze v praxi těžce předpovídat, kdy a jak dlouho tyto tři faktory na sestavu budou působit, je rozvaha zda čistit, nebo nečistit, obtížná.



Celé rozhodování je navíc deformováno zažitou představou o NO- CLEAN technologii, která přece “čistit nepotřebuje” a taková tavidla se “čistit nesmí”. Oba výroky nejsou pravdivé, resp. jsou pravdivé jen podmínečně.

NO- CLEAN technologie (lépe “ pájení s použitím nízkosolidových , nízko aktivovaných tavidel”) má omezenou aplikovatelnost pro zvýšenou vlhkost a střídání teplot. Po delší době pryskyřice kryjící iontové aktivní zbytky rozpraská a uvolní k nim přístup vlhkosti. Potom se stav na desce změní a korozní podmínky jsou splněny.



NO- CLEAN tavidla se dnes běžně čistí v řadě aplikací. Je nutné je však vyčistit ZCELA (t.j. - i pod komponenty a na místech, kde jsou póly s nestejným napětím blízko sebe. Teprve potom je sestava bezpečná. Pokud tyto zbytky nejsou dočištěny, chovají se jako vlhkem narušené a mohou nastartovat korozí.

Tento popis jsme zařadili záměrně, abychom ilustrovali, jak je rozhodování o čištění obtížné a také, že technologie čištění dnes je podstatně náročnější, než tomu bylo před nedávnem. Celá situace je násobena rostoucí integrací elektronických sestav a řadou nových pouzder uváděných na trh s tím, že jejich čistitelnost není v konstrukci těchto pouzder zohledněna.

Typickými příklady jsou malé čipy (01005,0201 v kombinaci s nevhodně navrženou nepájivou maskou, LLCC, LGA a řada dalších BTC bez kuliček. Tyto komponenty mají standoff v hodnotě jednotek

mikronů a doporučená návrhová pravidla pro čištění uvádějí jednoznačně jako nejlepší opatření, vynechání nepájivé masky pod celým obrysem komponent, pokud to není možné, potom návrhy s pájecí ploškou definovanou nepájivou maskou, které poskytují šance alespoň o trochu komponenty nadzvednout.

Je zřejmé, že čistící proces se mění i z jiných hledisek. V uznávané IPC 610 najdeme ještě i v revizi F poznámku, že mírné zešednutí kovových ploch po čištění, jako známka oxidace, je přípustné. Skutečnost je však jiná. V aplikacích, kde následuje po pájení bondování (a takové jsou dnes stále častější) je nutné kovové kontaktní plochy nejen perfektně očistit i od organických reziduí, ale i dočasně pasivovat do doby kontaktování a to tak, aby velmi tenká pasivační vrstva byla lehce prolomitelná při bondování.

V těchto případech čištění získává nový rozměr a to nejen očistit povrch od zbytků tavidla, ale zároveň jej zaktivovat a dočasně ochránit před zpětnou re-oxidací. Jedná se především o měděné povrchy. Pro čištění elektronických sestav před bondováním se proto používají speciální čistící prostředky, jejichž složení je více komplexní. Jedná se o prostředky na vodní bázi pod obchodní značkou VIGON® fy Dr.O.K.Wack, které jsou ve většině případech pH neutrální a mají perfektní materiálovou kompatibilitu ke kovům. Navíc dokáží kovový povrch aktivovat (zbavit oxidové vrstvy) a po umytí jej dočasně ochránit před vzdušnou oxidací. Toho lze dosáhnout jen s pomocí vybraných aditiv, které na druhou stranu vyžadují o něco vyšší nároky na technologii čištění a to především na kvalitu oplachu.

Nové čistící prostředky se zpravidla skládají ze dvou fází, jde vlastně o směs organického rozpouštědla o nízkém povrchovém napětí, které tvoří za definovaných podmínek mikroemulzi ve vodě. Aplikální koncentrace je přitom relativně nízká a pohybuje se v závislosti na aplikaci od 10% do 20%. Jelikož se jedná o dvoufázové prostředky, vyžadují velmi dobrou mechanickou agitaci, která je dokáže udržet v dobře promíchaném stavu, tzn, že je lze dobře aplikovat v myčkách s ostřikem ve vzduchu. Velký důraz je potřeba klást na vysokou kvalitu oplachu, která je u nové generace čistidel a bondování naprosto nezbytná. Zbytky čistícího prostředku po mytí musí být dokonale opláchnuty. Oplach musí mít dostatečnou energii a musí být vždy řešený minimálně dvoustupňově nebo ideálně kaskádně. Pro oba oplachy by se měla používat jen deionizovaná voda, aby se předešlo nežádoucím reakcím aditiv v čistícím prostředku s minerály v pitné vodě (tvrdou vodou), přičemž alespoň jeden z oplachů by měl být ohříván na teplotu 35-40°C.

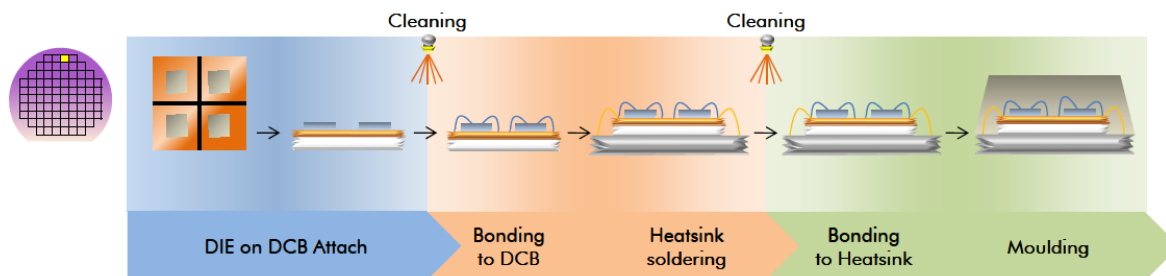
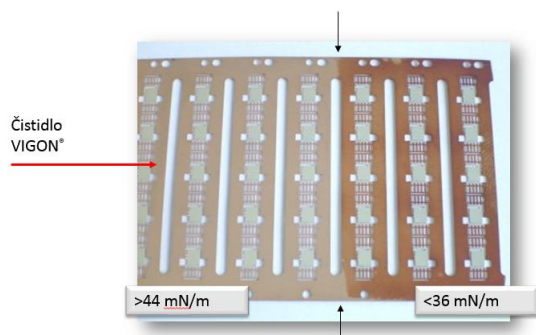


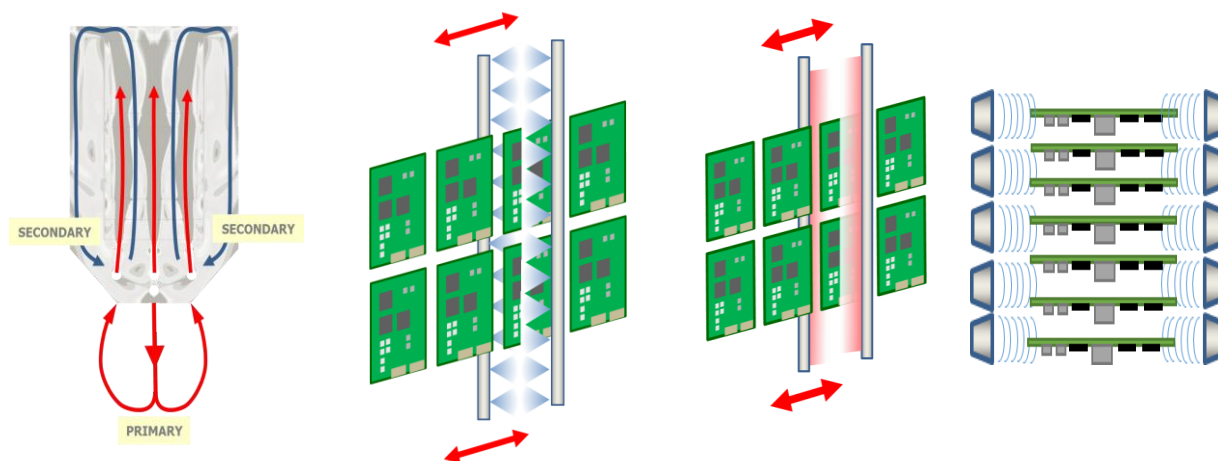
Schéma montáže čipů na keramické substráty pomocí DCB (Direct Copper Bonding).



De-oxidace a aktivace povrchu zlepšuje kvalitu bondování a adhezi k zalévací hmotě.

Tyto operace vyžadují mnohem přesnější dávkování všech parametrů procesu. Nepoměrně obtížnější přístup pod komponenty vyžaduje prodloužení čistících časů. Aby to nebylo nadměrné (protože hrozí vždy problémy s kompatibilitou materiálů sestav), je nutno zvýšit účinnost agitace. To umožňují metody jako **Přímý lineární postřik**, **Přímé proudění** a **Přímé sušení** (s velkým podílem kinetické energie vzduchu)

Rovněž použití ultrazvuku se i přes zažitý odpor, který pramení z historických zkušeností a zákazů) znovu rozšiřuje. Minimálně v oblastech velkosériové výroby, kde se denně nemění výrobek, jde o velmi účinnou a BEZPEČNOU metodu.



Intenzivní metody agitace lázně musí být nutně provázeny zajištěním maximální rovnoměrnosti účinků přes celý prostor procesní komory stroje. Tam, kde to z principu není možné a postřikové pole například nemá zcela stejnou intenzitu, nemá přesné sledování procesu velký význam.

Proto používáme u našich strojů pro čištění sestav zásadně lineární kinematiku pohybu trysek, nebo u větších linek maticově uspořádané systémy trysek s kývavým pohybem pro vykrytí prostoru.

Procesy je nutné adaptivně automatizovat. I řada operací, které byly dříve prováděny technologem je dnes již plně automatizovatelná.

Měření koncentrace čistidla, jednoho z základních faktorů čištění lze pomocí ZESTRON EYE (doplerovského ultrazvukového čidla) dělat zcela automaticky. Jeho signál umíme zahrnout do základního řídicího systému stroje a postavit na něm i plně automatické, adaptivní doplňování z řízením koncentrace.

Jiné systémy, například adaptivní řízení času oplachu se zaručenou výslednou čistotou se používají již dlouho. Brzy přibudou i systémy, které podobně mohou sledovat koncentraci neiontových organických zbytků v oplachu.

Ke zvýšení výkonu čištění a jeho kvality přispívá i zavedení vakuového sušení u všech našich linkových zařízení. Řada uživatelů se při vyslovení slova vakuum zalekne a vidí explodovaná pouzdra vnitřním přetlakem. Skutečnost je jiná. Kdo zná fyziku, ví, že podtlak, který používáme je zhruba stejný, jako atmosférický tlak ve výšce 5400 m. Jde o to, že donutíme vodu, aby vařila již při 80°C. To významně snižuje teplotní namáhání komponent a při dostatečné dodávce tepla urychluje sušení i z velmi členitých komponent jako jsou konektory, mezery pod BTC pouzdra a stíněními.

Rozšířené soubory technologických parametrů je nutno ukládat pro zpětnou verifikaci procesu. Dnes v mnoha případech pouhé uložení do paměti stroje nestačí. Řada výrob, které se blíží standardu INDUSTRY 4.0 vyžaduje oboustrannou komunikaci stroje a MES (manufacturing execution system) závodu. Ověřuje se tak nejen identita operátora a oprávnění ke startu procesu, ale i řada stěžejních parametrů. Může to být například ověření doby od předchozí operace pájení k čištění, nebo dále k bondování, řada pokynů pro interval údržby a podobně.

Řada významných referencí svědčí o tom, že principy, které implementujeme do strojů fungují a stroje dosahují i v poslední době u nových technologií požadovaných výsledků.

STENCIL**CLEAN** SIA



SUPER**SWASH**



MODULE**CLEAN**



COMPA**CLEAN**



FLUX**CLEAN** T



UNI**CLEAN**





Novinky a trendy v ručním pájení s firmou JBC

JBC

www.jbctools.com



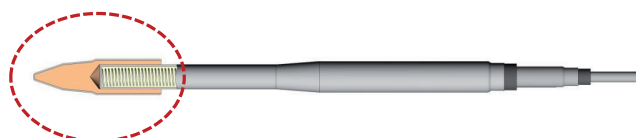
Kontrola teploty JBC Exclusive Heating System

Technologie

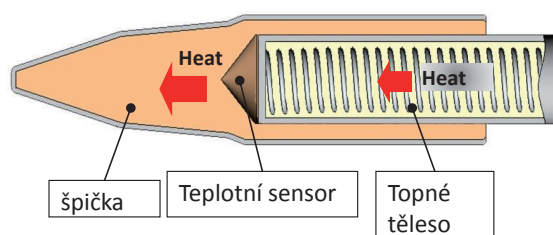
➔ Topné těleso

Plně integrovaný teplotní senzor zajišťuje extrémně rychlou obnovu tepla.

Inteligentní algoritmus použitý v systému kontroly teploty optimalizuje výkon



Struktura hrotu

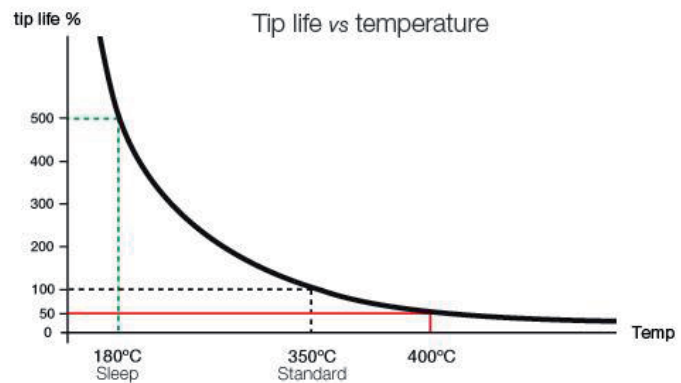


Životnost hrotu

Faktory, které zvyšují jejich životnost

➔ Práce v minimální možné teplotě

➔ Používání čistých hrotů k lepšímu přenosu tepla



Práce při vyšší teplotě znamená větší oxidaci, korozi a deformaci.



Kompaktní řada

Sortiment JBC

Vše, co potřebujete v malém rozměru



CD-B/CD-S

Pájecí stanice s nástrojem **T245** (CD-B) pro všeobecné použití
Pájecí stanice s precizním nástrojem **T210** (CD-S) pro přesnou aplikaci.



CP

Pájecí a opravárenská stanice s **Mikro pinzetou** pro pájení a odpájení malých a středních součástek.



CF

Stanice s **podavačem cínu** pro intenzivní a opakující se pájení.



CS/CV

Stanice s **Mikro odsávací** a elektrickým nebo pneumatickým modulem.



Modulární řada

Sestavte si svoji vlastní stanici podle vašich potřeb pájení

➔ Kombinujte libovolné moduly podle svých potřeb.

➔ Můžete si vybrat různé řídicí jednotky, v závislosti na počtu nástrojů, které potřebujete.



Modulární řada

Sestavte si svoji vlastní stanici podle vašich potřeb pájení

➔ Potřebujete 1 řídicí jednotku, 1 stojan a 1 nástroj s hrotem.

➔ Všechny jednotky JBC mají unikátní topný systém, který zvyšuje efektivitu práce díky rychlému obnovení tepla.



Řada Excellence

Doporučené sestavy připravené k použití



DIT/DIR



DIS/DIV/DSS



DDSE/DDVE



RMSE/RMVE



HDE



NASE/NANE



AL



JT/TE



7

Řada Excellence

Nejelegantnější volba

Více funkcí, vyšší kvalita pájení

➡ Začleněním nových funkcí je možno změnit více parametrů, což znamená kvalitnější výsledek pájení.

Od přizpůsobení k celkovému řízení

➡ Můžete spravovat a sledovat skupiny stanic na dálku díky vícenásobnému připojení: USB, LAN, Robot a periferní moduly. To může sloužit také k uložení nastavení, která lze snadno exportovat.

Nejlepší podpora vaší práce

➡ Využijte naše inovativní aplikace k doplnění své práce, jako je například mikroskop, ukládání souborů, převodník jednotek, kalkulačka, videa a další



8

Řada Excellence

JT/TE – Horkovzdušné stanice

➔ Vysoce výkonné horkovzdušné stanice sloužící k opravě všech typů SMD součástek rychle a bezpečně, i těch největších QFPs a PLCCs.

➔ Jednotka je vybavena dvěma pracovními režimy - **manuální nebo profilový** - efektivní řízení teploty a síly horkého vzduchu.

➔ Dodává se s kompletní ochranou a odpajovací deskou a s rychlým měničem trysek.



Řada Excellence

JT/TE – Profilový software a vylepšené funkce

➔ Profilový software vám umožní vytvořit až 25 pracovních procesů. Můžete přizpůsobit až 9 kroků pro každý program se 3 parametry pro každý krok:

- Teplota (°C/°F)
- Síla horkého vzduchu(%)
- Čas (s)

Ideální pro opakující se procesy pájení

➔ Stanice JT-D a TE-C obsahují i USB konektor, pomocí něhož můžete aktualizovat software stanice z webových stránek JBC.



Řada Excellence

PH – Infračervený předehřev

Ušetří čas a zvýší produkci bez námahy!

Nejlepší řešení, jak usnadnit jakékoliv pájení nebo opravu.

➔ **2 topné plochy:** zadní, přední nebo "všechny zóny".

➔ Předehřev umístěný pod DPS umožňuje **snížit teplotu** hrotu a tím prodlouží jeho **životnost**.

➔ Externí konzole umožňuje uživateli naprogramovat a vytvořit **teplotní profily**. Jakmile je profil spuštěn, můžete pracovat bez **termočlánku**.



Volitelné:



PH321 DPS držák



P-005 Pedál



NASE & HDE – Nano stanice & Vysocevýkonná stations

Top produkty JBC pro extrémní aplikace

JBC navrhla dvě zvláštní stanice za účelem splnění mikro a makro potřeby uživatele:

- **NASE/NANE** stanice, pro pájení a odpájení velmi malých součástek.
- **HDE** stanice pro vysoké tepelné nároky, nebo delší pájení.



NASE

1 Nano kleště +
1 Nano pájecí pero



NANE

2 Nano pájecí pero



HDE Heavy Duty



Nástroje

Tepelně účinné

Široká škála JBC nástrojů zaručují maximální účinnost.

➔ **Krátká** vzdálenost úchopu ke špičce hrotu umožňuje větší **kontrolu a přesnost**.

➔ JBC nástroje jsou v současné době **nejmenší, nejlehčí** a nejvíce **ergonomické**.

Solder Feed Iron

Micro Desoldering Iron

Handpiece

Precision Handpiece

Micro Tweezers

+ Ergonomické

+ Malé

+ Lehké

Top 10 důvodů pro nákup stanici JBC

Klíč k úspěšnému ručnímu pájení

1. Pájení při nižších teplotách

50°C méně než u jiných značek

2. Rychlá teplotní zotavitelnost

350°C za 2 sekundy

3. Zvýšení produktivity

Rychlá výměna hrotu

4. Životnost hrotu 5x delší

Používáním SLEEP módu a hibernace

5. Šest různých nástrojů

6. Přes 400 hrotů

Zakázková výroba

7. Ergonomické a komfortní nástroje

Krátká vzdálenost mezi úchopem a hrotem

8. Přizpůsobitelné menu

Více než 20 parametrů

9. Inovace produktů

10. Komunikace stanic s PC

Spravujte svou práci na dálku



2
seconds
HEAT UP

KONTAKTNÍ INFORMACE

Amtest Czech Republic, s.r.o.

Ječná 29a
62100 Brno

Tel: +420 541 634 353
Fax: +420 541 634 461
Email: info@amtest.cz
WWW: www.amtest.cz



Ekologie v pájecí praxi

Ing. Milan Hurban, Rehm Česká republika s.r.o.

Reflow pájecí pec představuje systém přenosu tepla, pracující s danou účinností, která závisí na technickém a technologickém řešení daného zařízení stejně jako na charakteru zpracovávaných výrobků, které mají být pájeny.

U každého tepelného procesu se vyskytují ztráty.

Elektrická energie, představující hlavní zdroj energie, se přemění v teplo, které se předává pájenému výrobku, část odvádí chladicí voda a odsávání, část vyzařuje ze stroje do pracovního prostředí.

Největší podíl na ztrátách má chladicí voda, která odnímá teplo pájenému výrobku.

Relativně vysoké ztráty v chladicí zóně vedly k myšlence zapojit chladicí systém pece do celkového konceptu výrobní haly. Dochází k velkým úsporám v systému topení a ohřevu užitkové vody ve výrobní hale. Systém rekuperace dokáže zpracovat až 66% ztrátového tepla. Dochází tím také k úsporám na chladicím systému, který může pracovat se spotřebou sníženou o téměř 25%.

Další významný podíl na ztrátách představuje vyzařování tepla strojem do prostoru výrobní haly.

Je-li tato úspora někomu málo, nabízí fi Rehm přídatné chlazení tělesa pece. Tím dochází k dalšímu snižování potřebného výkonu klimatizace ve výrobní hale. Předávání tepla je takto možné snížit až na 15% vložené energie. Dochází také k významnému zlepšení klimatu ve výrobní hale a snížené vyzařování zařízení přispívá i k lepší pracovní pohodě obslužného personálu. Požadavek na výkon klimatizační jednotky může být značně snížený.

Konvekční pájecí zařízení jsou vybavena velkým množstvím ventilátorů, které spotřebují také nemálo elektrické energie. Se stoupající frekvencí potřebují motory ventilátorů větší množství energie.

Optimalizací přenosu tepla lze i tady dosáhnout úspory energie kolem 5%. Jako vedlejší efekt se projeví snížené otáčky ventilátorů snížením hluku až o 3dB.

Dalším prvkem úspory může být tzv. „stand by“ režim, kdy dochází ke snížení spotřeby reflow pece o cca 15%. Dojde ke snížení otáček ventilátorů při zachování teplot. Má-li pec dál pájet, dojde k automatickému zrušení „stand by“ režimu vlivem požadavku na vstupním rozhraní.

Minimalizace plánovaných odstávek jako např. změna teplotního procesu (bezolovo, olovo, vytvrzení lepidla) je dalším cílem optimalizace výrobního procesu.

Využitím tzv. SSP (Speed switch process) lze dobu potřebnou ke změně procesu snížit na polovinu bez nebezpečí ovlivnění vnitřní atmosféry v peci.

Někdy (bohužel) používané krátkodobé otevření pece pro rychlejší ochlazení tak díky SSP není potřebné. To přispívá nejen k lepšímu pracovnímu prostředí, ale významnou měrou také pomáhá udržet výrobní zařízení v dobré kondici. Použitím SSP lze do 20 - 30 minut dosáhnout připravenosti stroje k výrobnímu procesu.

Dovoluje-li výrobní proces změnu úrovně zbytkového kyslíku, je možné aktivní regulací dusíku dosáhnout dalších významných úspor.

Inovativní koncept naší partnerské firmy AirLiquid umožňuje další výrazné snížení spotřeby reflow zařízení v oblasti chlazení. Jádrem myšlenky je ve využití energie tekutého dusíku (-196°C). Za použití vakuově izolovaného přívodu (princip „termosky“) lze přivést toto velmi chladné médium k peci.

Tekutý dusík předá chlad v chladicí zóně, změní skupenství na plynné a použije se pro inertní atmosféru uvnitř procesní komory. Množství dusíku, potřebné pro inertní atmosféru, vystačí pro optimální chlazení v příslušné zóně pece.

[1] Marcel Kneer, bakalářská práce na téma Celková energetická bilance pájecích reflow zařízení a sušících pecí pro solární techniku

Diagnostika a testování propojovacích struktur, DPS a součástek

doc. Ing. František Steiner, Ph.D.; Ing. Tomáš Blecha, Ph.D.

Katedra technologií a měření (KET), Regionální inovační centrum elektrotechniky (RICE)

Fakulta elektrotechnická, Západočeská univerzita v Plzni

Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

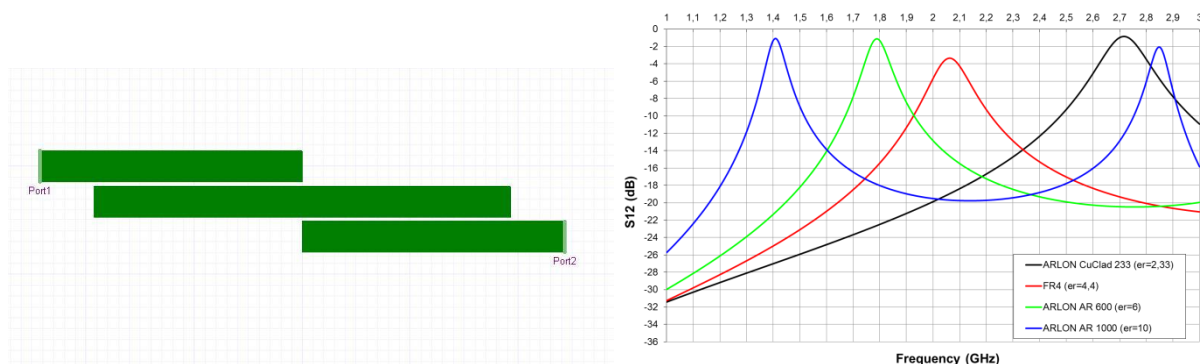
steiner@ket.zcu.cz; tel: +420 377 634 535

<http://rice.zcu.cz>; <http://www.fel.zcu.cz>

Vzhledem ke stále se zmenšujícím se rozměrům elektronických zařízení, zvětšující se integraci a zvětšujícím se nárokům na spolehlivost roste úloha a význam diagnostiky v návrhu a výrobě elektronických zařízení. Tento fakt je umocněn také působením vlivů na mobilní zařízení, jako jsou vibrace, rychlé změny teploty nebo vlhkost. Na základě různých diagnostických metod v jednotlivých částech životního cyklu zařízení lze požadavky splnit a předcházet případným problémům se spolehlivostí. Diagnostické metody můžeme rozdělit do několika kategorií podle toho, ve které fázi návrhu a výroby se elektronický výrobek nachází.

Diagnostika během návrhu

V současnosti velice precizní a sofistikovaná elektronická zařízení vyžadují určitou pozornost již během samotného návrhu. Vývoj nových elektronických zařízení úzce souvisí s vývojem elektronických součástek, propojovacích struktur a materiálů pro plošné spoje. Během návrhu musíme uvažovat vliv parametrů propojovacích struktur, elektrických a neelektrických parametrů elektronických součástek, elektrických a neelektrických parametrů substrátů, které mohou ovlivnit funkci elektronických zařízení zvláště elektronických zařízení zpracovávající **vysokofrekvenční signály**. Z tohoto důvodu je nutné použít již během návrhu speciální simulační programy k ověření funkce elektronického zařízení ještě před samotnou výrobou. Na základě výsledků ze simulací je možné upravit rozměry a tvary propojovacích struktur, změnit typ součástek a vybrat vhodné materiály. Například vliv substrátu na frekvenční charakteristiku mikropáskového filtru je zobrazen na obrázku 1. Naše pracoviště je vybaveno pro **návrh moderních elektronických zařízení** speciálními simulačními a návrhovými programy jako je Ansoft Designer, HyperLynx, PADS, PSpice a Altium. Tyto programy umožňují návrh a simulaci planárních součástek a obvodů, simulaci přenosu signálů na deskách plošných spojů, spektrální analýzu obvodů a součástek, parametrickou analýzu a optimalizaci přenosových cest z hlediska signálové integrity a funkčnosti.



Obr. 1: Návrh a simulace mikropáskové pásmové propusti pro různou relativní permitivitu substrátu.

Diagnostika materiálů

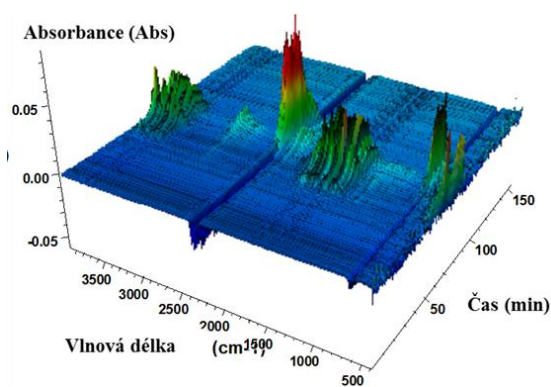
Další oblastí diagnostiky je diagnostika materiálů, do které můžeme zahrnout metody elektrické, mechanické, strukturální a případně mikroskopové. Účelem diagnostiky materiálů je zejména ověřování parametrů používaných materiálů pro konstrukci elektronických zařízení. Zkoušení materiálů je v praxi nezbytnou součástí nejen vlastního výrobního postupu, ale i kontroly výrobků a jednotlivých součástí. Diagnostika materiálů je nezbytným prostředkem vývojových prací, kdy následuje po diagnostice návrhu zejména jako prostředek pro ověření nasimulovaných hodnot.

Pro diagnostiku materiálů elektrickými metodami umožňuje přístrojové vybavení našich laboratoří sledovat ztrátový činitel, permitivitu, elektrickou pevnost, částečné výboje, izolační odpor, vnitřní a povrchovou rezistivitu a plazivé proudy materiálů používaných nejen v elektrotechnice. Měřené veličiny je možné sledovat ve frekvenční, napěťové a teplotní závislosti. **Frekvenční charakteristiky** RLC parametrů materiálů a součástek je možné měřit v rozmezí 20 Hz až 3 GHz. Chování materiálů, elektronických prvků a systémů ve vysokofrekvenční oblasti je možné posuzovat na základě měření rozptylových parametrů pomocí vektorového síťového analyzátoru až do frekvence 30 GHz.

K posuzování mechanických vlastností materiálů jsou na pracovišti k dispozici zařízení, umožňující statické zkoušky tahem, tlakem a ohybem za normální i zvýšené teploty (do 250 °C) a rázové zkoušky v ohybu pro kovové i nekovové materiály.

Strukturální termické analýzy jsou nezbytné pro určování vlastností a chování látek a materiálů. Naše pracoviště může diagnostikovat vlastnosti pevných a kapalných látek na základě analýz DSC, TMA, TGA, FT-IR (obrázek 2) a provádět analýzu rozkladných plynů. Pomocí těchto analýz je možné stanovit např. teplotu skelného přechodu, teplotu krystalizace, teplotu tavení, entalpii, stupeň vytvrzení na základě zbytkové entalpie, koeficient délkové tepelné roztažnosti, útlumový modul, elastický modul a hmotnostní úbytek v průběhu teplotní dekompozice materiálu. Nedílnou součástí je také analýza plynů, které vznikají v průběhu teplotní dekompozice materiálů.

K analýze chování kapalných i pevných látek ve frekvenční oblasti 3 mHz až 40 MHz a zároveň v teplotním rozsahu -160 °C až +400 °C lze využít **dielektrickou spektroskopii**. Tato diagnostická metoda je na pomezí fyziky, chemie, elektrotechniky a materiálového inženýrství a umožňuje měření permitivity, ztrátového činitele v uvedeném frekvenčním a teplotním rozsahu.



Obr. 2: Infračervená spektrometrie (FT-IR).

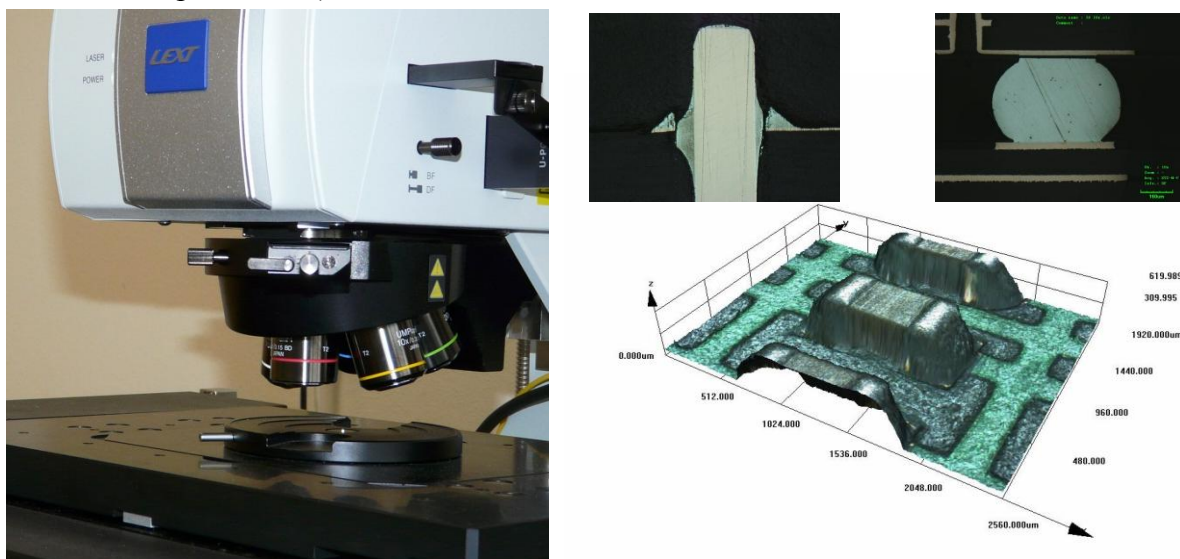
Diagnostika výrobního procesu

Během výrobního procesu se můžeme setkat s celou řadou problémů, které je nutné včas a správně diagnostikovat. Mezi nejčastější problémy lze zařadit chyby ve výrobě plošných spojů, chyby v osazovacím procesu a chyby vzniklé procesem pájení. Pro odhalení některých typů vad se používají nejrůznější automatické optické systémy. Tyto systémy odhalí však jen

vady makroskopické (chybějící nebo otočená součástka, chybějící pájka, atd.). V mnoha případech se ale setkáme s mikroskopickými vadami, jako jsou mikroskopické trhlinky, defekty součástek, intermetalické vrstvy, špatná pájitelnost povrchů, atd. Z těchto důvodů je nutné použít speciální přístrojové vybavení k odhalení těchto mikroskopických poruch.

Detailní zobrazení povrchu předmětů s vysokým rozlišením je častým požadavkem při diagnostice materiálů, kontrole vyráběných komponentů nebo při studiu defektů. Laboratoř mikroskopie disponuje metodami a prostředky pro zobrazování a záznam objektů při zvětšení 10 x – 150 000 x. K odhalení mikroskopických poruch je naše pracoviště vybaveno speciální mikroskopovou laboratoří, která je vybavena stereomikroskopem, metalografickým, fluorescenčním mikroskopem, rastrovacím **elektronovým mikroskopem** spolu s prvkovou analýzou EDS a také konfokálním laserovým mikroskopem OLS LEXT 3000 (obrázek 3). Posledně jmenovaný mikroskop umožňuje věrné zobrazení povrchů materiálů s nadstandardním rozlišením až 0,12 μm v ose x a y, navíc se schopností přesného 3D měření ve všech osách. Rozsah zvětšení se pohybuje od 120x do 14 400x a dostáváme se tak na hranici konvenčních optických mikroskopů a elektronových rastrovacích mikroskopů.

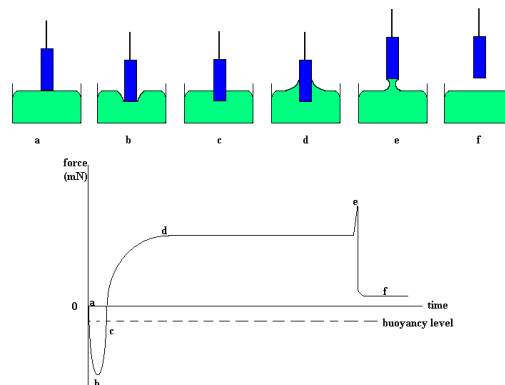
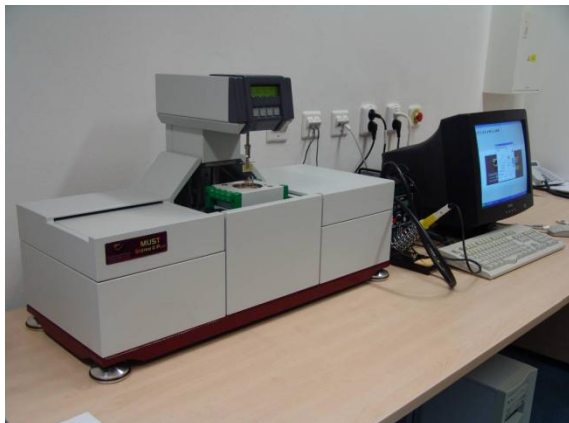
Laserový mikroskop spolu s AFM (Atomic Force Microscope) modulem umožňuje pozorování objektů v subatomárním měřítku za normálních „pokojevých“ podmínek, tj. bez nutnosti použití vakua, popřípadě nutnosti pokovení povrchu. V optimálních podmínkách lze dosáhnout zvětšení až 150 000x a rozlišení ve všech rozměrech až 1 nm v kontaktním i bezkontaktním módu. Maximální možná velikost zobrazované oblasti je 20 μm x 20 μm x 3 μm . Mikroskop je využitelný v „mikro“ a „nano“ technologickém odvětví, kde jsou kladeny vysoké nároky na přesné měření. Všechny mikroskopy jsou vybaveny kamerou pro záznam snímků a pro 2D i 3D měření. Laboratoř dále zajišťuje kompletní přípravu metalografických výbrusů, tj. dělení materiálů diamantovou pilou, zalévání za studena (i tlakové nebo podtlakové), broušení a leštění.



Obr. 3: Konfokální laserový mikroskop OLS LEXT 3000 a ukázky zobrazení.

Během pájení se můžeme setkat velice často s problémem špatné pájitelnosti povrchů. Tyto vady ve svém důsledku mohou zamezit správné činnosti elektronického zařízení. Dále mají za následek vznik tzv. studených spojů. K ověření kompatibility bezolovnatých pájecích slitin a povrchových úprav vývodů součástek a desek plošných spojů jsou využívány speciální testery, pomocí nichž se testuje **pájitelnost** metodou smáčecích vah. Naše laboratoř propojovacích struktur je vybavena právě takovým zařízením značky Multicore (obrázek 4). Přechod na bezolovnaté pájení je ve většině případů spojen se zvýšením pájecí teploty vyžadující použití inertní atmosféry. Pro testování pájitelnosti ve srovnatelných podmínkách, které jsou již běžně používány v praxi, bylo pracoviště vybaveno dusíkovým zákrytem.

Testerem pájitelnosti lze posuzovat řadu vlivů uplatňujících se při tvorbě pájeného spoje, např. typ pájecí slitiny, tavidlo, povrchová úprava vývodů součástek a pájecích plošek substrátů, teplota, množství zbytkového kyslíku apod. Kromě uvedené metody smáčecích vah jsme schopni testovat pájitelnost ponořovacím testem (Dip and Look), testem roztékavosti nebo testem simulace povrchové montáže.



Obr. 4: Tester pájitelnosti MUST II a průběh smáčecí síly.

Diagnostika vlivu prostředí

Nedílnou součástí moderní elektroniky je diagnostika vlivu prostředí. Celá řada elektronických zařízení musí být schopna činnosti ve vnitřních prostorech, ale také ve venkovních prostorech nebo v místech se zhoršenými klimatickými podmínkami. Z těchto důvodů jsou elektronická zařízení podrobována krátkodobým nebo dlouhodobým testům, kde se zjišťuje nejčastěji vliv vlhkosti a teploty na funkci elektronických zařízení. Na základě těchto testů je možné následně stanovit i dobu životnosti testovaného zařízení. **Klimatické komory** jsou proto nepostradatelným pomocníkem při vývoji každého zařízení a to nejen elektronického. Pracoviště klimatických zkoušek je vybaveno klimatickými komorami, které umožňují simulovat prostředí o teplotách -70 až 180 °C a relativní vlhkost 10 až 98 % RH. Tyto komory jsou využívány jednak v rámci vývoje elektronických zařízení pro ověření jejich funkčnosti při různých klimatických podmínkách nebo k posouzení životnosti zkoušeného vzorku pomocí standardizovaných zkoušek zrychleného stárnutí. Klimatické komory jsou součástí akreditované laboratoře, proto jsou využívány nejen v rámci pracoviště, ale jsou využívány také celou řadou podniků. Pro vysokoteplotní zkoušky jsou k dispozici sušící pece do teploty 350 °C nebo muflová pec s maximální teplotou 1350 °C.

Součástí diagnostických metod je také **měření iontových nečistot**, které je důležitou metodou posouzení čistoty montovaných komponentů nebo funkčních celků, jejichž znečištění pak může způsobit výrazné snížení funkčních parametrů. K znečištění může dojít během výrobního procesu, skladování nebo neodborným zacházením s elektronickým zařízením. Pracoviště je vybaveno kontaminometrem (ionografem), který umožňuje měření iontových nečistot na neosazených i osazených deskách plošných spojů a iontových nečistot na elektronických součástkách. Měřicí rozsah je od $0,01$ do $30 \mu\text{g NaCl/cm}^2$ a minimální testovaný povrch je desky plošných spojů je 100 cm^2 .

Uvedené diagnostické metody jsou jen stručným přehledem metod, které jsou součástí návrhu, výroby a provozu elektronických zařízení. Neustálé zmenšování rozměrů elektronických zařízení způsobuje vznik různých vad a problémů, které jsou velice špatně identifikovatelné. Z tohoto důvodu je tedy nutné použít k jejich odhalení speciální přístrojovou techniku. Požadavek na provoz elektronických zařízení v různých elektrické a neelektrické prostředí vede ke zvýšení významu diagnostiky elektrických a neelektrických parametrů nejrůznějších materiálů a součástek.

Informace o inzerci:

Ceník inzertních služeb:

Inzerce v bulletinu

Velikost inzerátu do 1/2 formátu A4	1000,- Kč
Velikost inzerátu ve formátu A4	2000,- Kč
Vložení dodaných firemních materiálů (bez vyvázání)	1000,- Kč

Materiály dodávejte, prosím, s maximálním kontrastem.

Kvalita zveřejněných inzerátů odpovídá kvalitě Vámi dodaných podkladů.

Materiály, určené k uveřejnění v bulletinu, nám můžete dodat v tištěné podobě (ve formátu A4), na disketě nebo zaslat e-mailem na adresu smtinfo@nexta.cz.

Připravované akce:

SMT-INFO 02/2016

16. února 2016

- **NÁVRHOVÉ SYSTÉMY DPS**
- **KOMPLEXNÍ VÝROBNÍ LINKY MODERNÍCH MONTÁŽÍ**
- **INSPEKČNÍ SYSTÉMY**

Potřebujete certifikovat pracovníky v elektrotechnické výrobě na IPC-A-610F?

Chcete si ověřit kvalitu pájení?

THT ověření navzlínání pájky do prokůvů,

SMT ověření kvality pájených spojů.

Chcete si ověřit kvalitu lisování fastonů?

Nakupujete kvalitní DPS?

měření tloušťky pokovení,

posuzování kvality vrtání,

měření tloušťky nepájivé masky.

V kooperaci umíme:

trhací zkoušky SMD komponentů, vibrační zkoušky,

materiálovou analýzu EDS,

nedestruktivní měření tloušťky povrchové úpravy.

Nabízíme flexibilní přístup a zpracování vzorků již do druhého dne.

To vše za rozumných cenových podmínek.

Více na:

www.ledlumen.cz

www.ipc-skoleni.cz

Petr Stejskal

Čechova 1634

256 01 Benešov

T.: 420 720 323 484

stejskal@ledlumen.cz

Na semináři bych
měl být přítomen.



20
15



Amtech

Kontakt:
AMTECH spol. s r. o.
Škrobářská 506/2
617 00 Brno

AMTECH, spol. s r. o.

www.amtech.cz

AUTOMATICKÉ OPTICKÉ
SYSTÉMY PRO SMT



OSAZOVACÍ
AUTOMATY



DISPENZERY SMT PASTY
A LEPIDLA, SÍTOTISKY



SELEKTIVNÍ LAKOVÁNÍ,
DISPENZERY



PÁJECÍ VLNY, REFLOW,
UV A IR PECE



INSPEKČNÍ SYSTÉMY
A LUPY



TEPLOTNÍ
PROFILOMĚRY



SW ŘÍZENÍ
VÝROBY



DÁVKOVÁNÍ
1K A 2K MATERIÁLŮ



SUŠÍCÍ A SKLADOVACÍ
KABINETY, BALÍČKY



DOPRAVNÍKY
A MAGAZÍNY



SELEKTIVNÍ
PÁJENÍ



ANTISTATICKÉ
VYBAVENÍ



ODSÁVÁNÍ
ZPLODIN



PÁJECÍ A SPOTŘEBNÍ
MATERIÁLY



OPRAVÁRENSKÁ
PRACOVISTĚ



ISO 9001:2009

BULLETIN ANOTACÍ
78. číslo, Brno 20. 10. 2015
ISSN 1211-6947

Vydává: SMT-info konsorcium
Odborná redakční rada:
Redaktor:

Ing. Jiří Starý
Marie Měřinská