

22.8.07

## Tiivistelmä, Lyijytön korjausjuottaminen (Albert) -hanke

Hankkeessa tutkittiin erilaisia korjausmenetelmiä ja korjausprosessin asetusarvojen vaikutusta juotoslaatuun. Lisäksi tutkittiin lämmönsiirtoa ja –siirtymistä korjattaessa sekä evaluoitiin korjausasemia. VTT teki hankkeen puiteissa kirjallisuusselvityksen SAC-juotosten lämpövaihtelutestien tuloksista, jossa käsiteltiin testaamiseen käytettyjä lämpösyklitestin asetusarvoja, saatuja tuloksia kotelotyyppit huomioiden sekä termomekaanisen rasituksen määrän vaikutusta SAC-liitoksen luotettavuuteen. Selvityksen mukaan lyijyttömän juotteen väsymiskestävyys lämpövaihtelussa on samaa luokkaa tai parempi kuin tinalyijyllä, kun termomekaaninen rasitus on vähäinen. Kun termomekaaninen rasitus on suuri, on lyijyttömän juotoksen luotettavuus huonompi kuin eutektisella tinalyijyllä.

Hankkeessa suunniteltiin korjausjuottamisen tutkimiseen kuusikerroksinen testilevy, joka sisälsi paikat muun muassa BGA- ja MLF-komponenteille. Rajallisista resursseista johtuen keskityttiin pääasiassa BGA-komponentin korjaukseen. BGA-komponenttia korjattaessa vaihdettiin joko uusi komponentti tai uudelleenpallotettiin vanha. Uudelleenpallotuksessa saavutettiin stensiilimentelmillä parempi saanto kuin preformeilla. MLF-komponentin korjauksen havaittiin onnistuvan paremmalla saannolla, mikäli piirilevyn sijaan pastataan kyseinen MLF-komponentti. Testilevyn suunnittelussa huomiota kiinnitettiin erityisesti siihen, että saatiin aikaan lämpökapasiteetiltaan suuri levy ja toisaalta korjattavien komponenttien välittömään läheisyyteen sijoitettiin muita komponentteja, mikä tuo haastetta korjaamiseen. Erilaisilla menetelmillä korjattuja sekä referenssinä korjaamattomia komponenttilevyjä vanhennettiin sääkaapissa. Sääkaappitestissä<sup>1</sup> syntyi piirilevyihin runsaasti katkoksia satunnaisesti käytetystä juotosparametrasta riippumatta. Piirilevyjen vikaantumisen johtui todennäköisesti piirilevyjen mahdollisesta heikkolaatuisuudesta ja toisaalta sääkaappitestin rajuudesta. BGA-juotosliitoksista havaittiin yhden murtuneen tuhannen syklin aikana, kun kaikkiaan sääkaapissa oli 47 piirilevyä. Täten BGA-juotosliitokset olivat sääkaappitestin perusteella yhtä luotettavia korjausparametrasta riippumatta. Sähköisen testin lisäksi korjausmenetelmien ja korjauksen asetusarvojen vaikutusta juotoslaatuun arvioitiin röntgentarkastuksen ja poikkileikkaushieiden avulla.

Evaluoidut korjausasemat erosivat toisistaan muun muassa komponentin kohdistustavan, lämmönsiirtomenetelmien ja lämpötilaprofiilin muodostusperiaatteen osalta. Korjattaessa lämmön todettiin siirtyvän pääasiassa komponentin läpi. Mikään evaluoiduista suutintyypeistä ei tuonut merkittävästi lämpöä suoraan juotepalloihin, vaan komponentin yläpinnan ja juotepallon välinen lämpötilaero oli sama riippumatta jopa siitä, oliko yläpuolisena lämmitysmenetelmänä käytössä kuumailmapuhallus vai infrapunasäteily. Korjattavan komponentin viereisen komponentin lämpötilaan suutintyyppillä oli hieman vaikutusta. Kuumailmapuhalluksen käyttö yläpuolisena lämmitysmenetelmänä vaatii suutinten käyttöä. Lämmitettäessä heijastavaa pintaa infrapunasäteilyn avulla juotoslämpötilaan tulee varmistua, etteivät vieressä olevat tummat pinnat kuumene liikaa.

Komponenttilevyn lämpöjakaamaa korjauksen yhteydessä lämpökameran avulla tarkasteltaessa havaittiin, että yli juotteen sulamispisteen (217 °C) on lämmennyt pääasiassa vain korjattavan

<sup>1</sup> Sääkaappitesti asetusarvot : -40...125 C, 110°C/min, pitoaika 15 min, standardi JEDEC JESD 22-A104-B, vaihtoehdon G mukainen.

22.8.07

komponentin alue. Piirilevylaminaatin lasitransitiopiste (~ 150 °C) oli kuusikerroksisella testilevyllä ylittynyt noin 25 mm:n etäisyydellä korjattavan komponentin reunasta. Suurin paikallinen lämpötilagradientti komponenttilevyllä on komponentin reunan lähellä.

Komponentin yläpinnan ja juotepallon välinen lämpötilaero todettiin korjauksessa suuremmaksi kuin reflow-uunissa, koska reflowuunissa koko kokoonpano lämmitetään samaan lämpötilaan. Korjauksessa tavoitteena on pitää muiden komponenttien kuin korjattavan komponentin lämpörasitus mahdollisimman vähäisenä. Kokoonpanosta riippuen komponentin yläpinnan ja juotepallon väliseksi lämpötilaeroksi korjausprosessin huippulämpötilassa mitattiin lämpökapasiteetiltaan kevyemmällä kokoonpanolla  $20 \pm 5$  °C ja raskaammalla  $40 \pm 20$  °C. Korjattaessa on hyvä mitata lämpötila sekä komponentin yläpinnalta että juotepallosta, jotta riittävä lämpötila saavutetaan, mutta vältetään komponentin ylikuumentamiselta.

Vaikka BGA-juotosliitokset eivät pääsääntöisesti olleet vikaantuneet tuhannen syklin aikana, havaittiin hietarkastelussa juotossäröjä ja alkavia murtumia. Havaitut juotossäröt ja alkavat murtumat juotoksessa olivat samantyyppisiä huolimatta siitä, oliko korjattaessa vaihdettu uusi komponentti vai uudelleenpallotettu komponentti. Tyypillinen murtumakohta oli juotenystyn kaulaosa. Uudelleenpallotetun komponentin runko on kokenut tyypillisesti vähintään kaksi lämpörasitusta enemmän kuin korjattaessa vaihdettu uusi komponentti: tuotannossa ensimmäinen ja uudelleenpallotuksessa vähintään toinen lämpörasituskerta. Hyvässä tapauksessa uudelleenpallotetun komponentin laatu voi kuitenkin olla siis lähes yhtä hyvä kuin uudenkin komponentin.

Korjausaseman suuttimesta tuleva ilma voidaan korvata tyypellä juottumisen parantamiseksi. Suuttimesta tulevan virtauksen happipitoisuudeksi mitattiin 200 – 2000 ppm, kun pullotyper happipitoisuus on maksimissaan 40 ppm. Suuttimen puhallukselle avoimen juotosliitoksen happipitoisuus on täten matala. Näytteen imemiseen perustuvasta happipitoisuuden mittaustekniikasta johtuen ei voitu todeta, jääkö BGA-komponentin alle ilmatasku, koska tyypipuhallus ei suuntaudu suoraan BGA-komponentin alle. BGA-komponentin alla happipitoisuus saattaa siis olla korkeampi kuin suuttimen puhallusvirrassa.

Täydentävä testisarja tehtiin korjaamalla testilevyjä, joissa oli eri piirilevynjohdinpinnoite. ENIG-pinnoitteella havaittu tyypillinen välimetalliyhdiste oli  $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ , jonka alla oli  $\text{Ni}_3\text{P}$ -kerros. Muilla pinnoitteilla (OSP, SN100C, kemiallinen tina ja kemiallinen hopea) tyypillinen välimetalliyhdiste oli  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ . Kyseiset välimetalliyhdisteet ovat tyypillisiä myös juotettaessa ensimmäistä kertaa kyseisiä piirilevynjohdinpinnoitteita. Onkin oletettavaa, että OSP, SN100C, kemiallinen tina ja kemiallinen hopea liukenevat juotenestyyn ensimmäistä kertaa juotettaessa, jolloin korjattaessa ei ole merkitystä, mikä johdinpinnoite piirilevyllä on alun perin ollut. Vastaavasti ENIG-levyillä nikkeli-kerros jää liukenematta, ja juotos muodostuu nikkeli-kerroksen päälle. Verrattaessa korjaamatonta ja korjattua juotosten välimetalliyhdistekerroksia havaittiin, että  $\text{Ni}_3\text{P}$ -kerros oli korjatuissa selvästi paksumpi kuin korjaamattomissa. Nikkeli-kerroksen vaurioita korjatuissa ei havaittu, mutta paksut fosforirikkaat kerrokset voivat heikentää liitoksen luotettavuutta.

Merkittävänä hankkeen kautta saatuna tuloksena voidaan pitää sitä, että tinalyijytuotannossa juotettu BGA-komponentti voidaan korjata lyijyttömästi siten, ettei lyijyttömään juotokseen jää SEM + EDX –tekniikalla havaittavaa määrää lyijyä vanhasta juotteesta. Tämä on tärkeä tulos

22.8.07

---

korjauksen sekä elektroniikkatuotteiden huollon kannalta, koska useinkaan korjattavan tuotteen alkuperäinen juoteseos ei ole tiedossa.

Pastalla ja juoksutteella BGA-komponenttia korjattaessa saavutettiin pastalla juotettuna hieman korkeampi komponentin stand off -korkeus kuin juoksutteella korjattuna. Korkeampi juotos on joustavampi. Lisäksi suurempi juotetilavuus saattaa komponentin taipuessa juotosprosessin aikana olla rajatilanteessa suotuisampi. Sekä pastalla että juoksutteella korjatut komponentit kestivät käytetyn 1000 syklin sääkaappitestin vikaantumatta. Nystyn mikrorakenteessa ei pastalla ja juoksutteella juotetuissa komponenteissa ollut eroa. Lisäksi on hyvä huomata, että BGA-komponentti on nopeampi korjata juoksutteella, eikä tällöin tule stensiilin hankkimisesta aikaviivettä eikä kuluja. BGA-komponentti kannattaa korjata juoksutteella, jollei ole erityisiä perusteita pastaukseen.