

*Chi assembla e salda si trova spesso a dover risolvere problemi che hanno origine a livello di costruzione del circuito stampato.*

*Difetti e anomalie costruttive devono essere tenute in debito conto se si vuole aumentare sensibilmente la qualità del prodotto finito.*

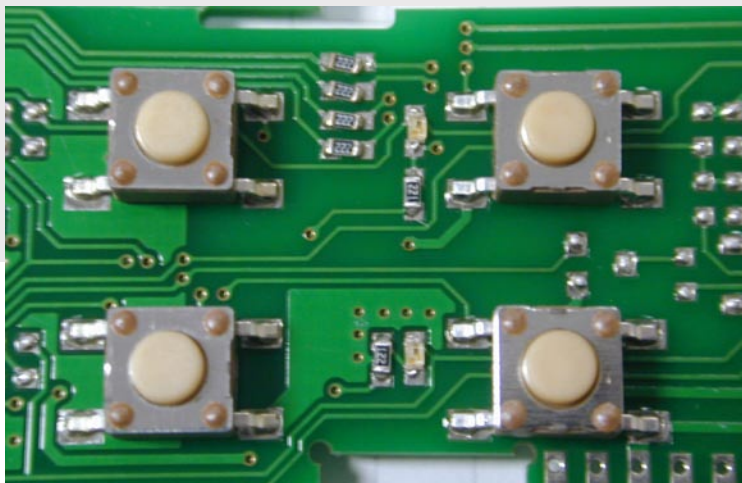


Fig. 1 - Bagnatura non adeguata nella doppia rifusione

## Difetti annunciati

DI  
G. SCARPA

Una delle esigenze più sentite nella realizzazione di prodotti elettronici è fornire all'utente finale un apparato con prestazioni di rilievo, di lunga durata e per i quali sia auspicabile, ma non critico, un servizio continuativo. Sembra banale, ma di ciò fa parte un intero settore del prodotto elettronico (noto come classe 2 IPC). Detti apparati sono quelli di uso più comune, di maggiore diffusione e, generalmente, di costo minore.

Molto spesso la difettosità di tali apparecchiature è dovuta alla rottura di alcune connessioni elettriche presenti tra il supporto dell'apparato (il pcb) e la relativa componentistica (attiva, passiva o di connessione). Dette rotture hanno origine da difetti dei giunti di saldatura, che presentano una tenuta agli stress meccanico/termici insufficiente rispetto agli standard moderni.

Alba Elettronica Group ha identificato due importanti aspetti, tra i molti analizzabili, che possono sfociare in tali problematiche e cioè la **bagnabilità delle piazzole** e il **legame intermetallico**.

### BAGNABILITÀ SU HAL LEAD FREE

La materia relativa alle problematiche collegate alla cattiva realizzazione di un giunto di saldatura (nel caso della saldatura, in elettronica si parla di "brasatura dolce"), trova un importante aspetto in fase di assemblaggio, definito "cattiva bagnabilità".

Una buona bagnabilità è condizione necessaria, ma non sufficiente, per la generazione di un giunto adeguato alle sollecitazioni a cui un apparato elettronico è sottoposto durante la sua vita funzionale. L'avvento del "lead free", in particolare relativamente ai pcb con finitura "hot air levelling", ha generato una criticità in parte sconosciuta al tempo della vecchia SnPb, criticità che è dovuta a una inferiore capacità delle leghe applicate sui cs oggi in uso nell'ostacolare la diffusione del rame in superficie. Questo compromette, o meglio riduce, la bagnabilità di detti particolari. Quando poi ci si trova ad assemblare circuiti che necessitano di processi multipli di rifusione, questo diviene particolar-

mente importante e si raggiunge un risultato accettabile.

L'odierna miniaturizzazione della componentistica richiede al produttore del circuito stampato una finitura di spiccata planarità: in assenza di ciò la difettosità post assemblaggio aumenta e, con essa, i costi di recupero indotti.

Detta planarità è ottenibile, in fase di produzione dei pcb, solo modificando alcuni valori di processo (pressione di soffiatura e velocità di risalita), che di conseguenza riducono lo spessore della finitura depositata.

Il minor spessore della finitura superficiale comporta una riduzione della "barriera alla diffusione di Cu" e una conseguente maggiore ossidazione, anche quando il tempo di stoccaggio è sufficientemente ridotto. La conseguenza è proprio la cattiva bagnabilità che determina un giunto di saldatura non adeguato (Fig. 1).

È pur vero, comunque, che l'utilizzo di paste saldanti che inglobino flussanti con una aggressività adeguata, sempre entro i parametri del "no clean", può compensare e risolvere

la problematica permettendo all'assemblatore un risultato eccellente.

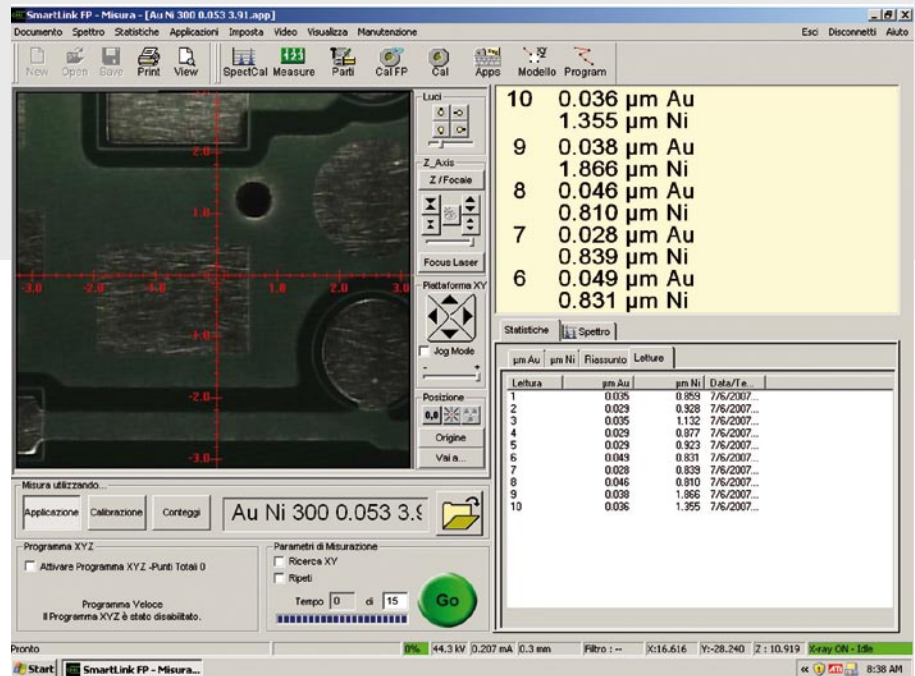
Non meno importante resta comunque **la composizione della lega** utilizzata durante la produzione del cs. È necessario che vi siano continui e periodici controlli degli inquinanti presenti in quanto anche piccole percentuali degli stessi disciolti nella lega utilizzata per la realizzazione della finitura e la percentuale di rame utilizzata, comportano difettosità più o meno evidenti.

Pericolosa è soprattutto la non evidenza del difetto, cioè quando si realizzano dei giunti ove l'aspetto esteriore non manifesta una mancanza di legame intermetallico di sufficiente ampiezza: da ciò scaturisce la fragilità del giunto e le ovvie conseguenze.

## PROCESSI MISTI FONTE DI GUAI

Discorso a parte meritano i casi in cui vi siano dei processi misti, che sono a oggi ancora sufficientemente diffusi; la brasatura dolce effettuata su cs finiti lead free con leghe di riporto non lead free su componentistica mista (parte lead free e parte no) genera una tale instabilità dell'intero processo, che il controllo dello stesso è da ritenersi quanto meno articolato/compleso e, certamente, evidenzia una ripetibilità poco stabile.

Ciò è dovuto alle differenti temperature di fusione delle leghe in gioco, alle variazioni di composizione del giunto, alle diverse connessioni intermetalliche che si generano (am-



messo che si generino), alla difficoltà di individuare eventuali difetti. Risultato? Le schede smettono di funzionare. Motivo? La cattiva gestione e non, come spesso imputato, il cattivo assemblaggio o la cattiva produzione del cs.

## CRICCATURE SU ENIG

Ampia diffusione in molti settori di utilizzo comune hanno le schede con finitura superficiale Electroless Nickel Immersion Gold. In questo caso la planarità è un punto di forza ed è il motivo principale per cui la stessa viene utilizzata/richiesta.

Anche in questo caso però si incontrano delle rotture, talvolta riconducibili alla inadeguatezza del giunto di saldatura. Tralasciando le problematiche legate all'ossidazione superficiale e alla bagnabilità, che in parte possono essere ricondotte a quanto sopra detto e che possono trovare facile soluzione rispettando alcune regole ben note, è importante come caratteristica **la composizione chimica della finitura** e, ancora, **il suo spessore**. La norma di riferimento a tal proposito è ben chiara

(cfr. **Standard IPC 4552**), ma poco conosciuta e applicata, soprattutto a valle della produzione del pcb.

In particolare, in questa sede si farà una considerazione che aiuterà a comprendere alcuni semplici, ma critici aspetti.

Durante l'assemblaggio di pcb finiti Enig con leghe di riporto lead free (usualmente SnAgCu), si punta a generare un legame intermetallico Ni-Sn che realizza l'unione del pin componente alla scheda (layout rame). Ma cos'è un legame intermetallico? Quando il processo di brasatura porta alla fusione della lega di riporto (nella rifusione la pasta saldante) le superfici da unire vengono "bagnate" dal composto in fusione. Durante questa operazione, dal metallo base vi è una migrazione atomica (leaching) verso il materiale di apporto, dovuta all'affinità chimica degli stessi, alla temperatura e al tempo. La zona in cui avviene tale fenomeno viene chiamata "zona di alligazione" (o "diffusione"). Nella zona di alligazione, gli atomi migranti dal materiale base creano un legame con gli atomi componenti della lega brasante, formando delle molecole che prendono il nome di composti intermetal-

Fig. 2 - Verifica di Ni-Au inadeguati

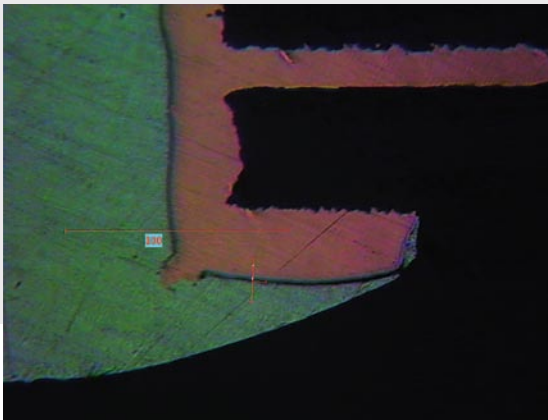


Fig. 3 - Rottura dello strato di Ni

lici. Tali composti si trovano, come il nome stesso fa intendere, nell'interfaccia (inter) tra il materiale di base e la lega brasante. Tale composto permette l'intima adesione tra le parti coinvolte, rendendo il giunto meccanicamente forte. Di contro gli intermetallici sono composti con una durezza maggiore dei metalli componenti; tale durezza è la componente critica del giunto stesso, in quanto **la maggiore durezza sfocia in una maggiore fragilità.**

Nel caso dell'Enig, l'intermetallico Ni-Sn presenta una durezza di 400 HV; questo è un valore adeguato allo scopo, così come il composto Sn-Cu che presenta 350/500 HV. Qualora invece si generasse un intermetallico Au-Sn ci si troverebbe in presenza di un composto con durezza >750 HV che sarebbe certamente non idoneo. Diventa così fondamentale rispettare certe proporzioni nella realizzazione dell'Enig fra lo spessore del nickel e quello dell'oro.

Così la realizzazione di cs con spessore di oro maggiore (e que-

sto è talvolta uno dei primi requisiti richiesti), preserva dall'ossidazione.

Nel caso dell'Enig detta ossidazione è dovuta alla migrazione di particelle di Ni in superficie che aiutano i processi di assemblaggio multipli e che risolvono in parte le problematiche legate all'immagazzinamento di media/lunga durata. D'altro canto questo può influire sulla durezza/fragilità dei giunti. Allo stesso modo e ancor di più un basso spessore di Ni non permette l'adeguata formazione dell'intermetallico ricercato.

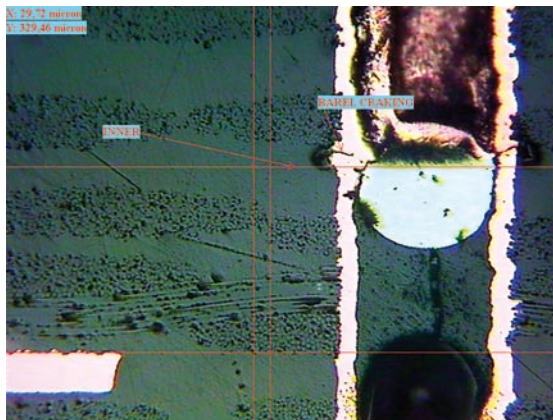
Resta inteso che molti altri fattori legati alla composizione chimica dei materiali e dei bagni di processo in fase di produzione devono essere tenuti sotto controllo (ad esempio la presenza di fosforo ha delle controindicazioni ben note agli esperti in materia), e non è il caso nemmeno di farne menzione tanto lo si ritiene di assoluta rilevanza. Ma non è in questa sede che tratteremo tale estesa materia.

sempre conto dell'esigenza primaria del mercato: **"la riduzione dei costi"**. Allo stesso modo gli investimenti eseguiti in termini di processo e di controllo, l'utilizzo di attrezzature di produzione all'avanguardia hanno permesso ad Alba i migliori risultati in termini di planarità, composizione e spessore finitura, essendo in grado, nel proprio reparto di controllo, di valutare eventuali criticità.

L'azienda è in grado di proporre finiture alternative (Enig, Sn chimico, Ag chimico, OSP), che vengono attentamente controllate in fase di processo, ma anche in fase di collaudo di uscita, mediante ispezioni X-ray (Fig.2) e micrografiche (Fig.3) di supporto. La stretta collaborazione poi con istituti riconosciuti internazionalmente e laboratori di fama nazionale (quali ad es. SEM Technology o IIS), permette al gruppo di garantire ottimi risultati in fatto di assicurazione prodotto.

Il continuo aggiornamento di manager, tecnici e operatori permette inoltre al gruppo Bacchin, sempre in accordo con i propri partner, il raggiungimento di un risultato di ottima qualità.

Fig. 4 - Barrel cracking



## OBIETTIVO I: RIDURRE I COSTI

Alba Elettronica ha implementato un supporto costante al cliente relativamente a dette problematiche: la partecipazione del personale dell'azienda a corsi di specializzazione nella brasatura dolce, ha permesso alla struttura di collaborare a pieno con i propri partner, trovando soluzioni concordate e tenendo

## ROBUSTEZZA DELLE CONNESSIONI

Altro aspetto fondamentale sul quale il gruppo ha posto la propria attenzione è l'aumento delle difettosità legato alla mancata connessione elettrica dopo i processi di assemblaggio e, ancor peggio, della "mortalità infantile" delle schede assemblate.

CT 100 è stato progettato e costruito per effettuare dei test della contaminazione ionica in modo semplice ed accurato secondo le Norme MIL-STD 2000, DEF-STD 10/03, IPC-TR-583, Standards IEC, ecc.

Queste misurazioni sono necessarie per controllare la pulizia delle piastre e degli assemblaggi dopo pulizia o per controllo qualità e approvazione nel caso di nuovi parametri del processo di saldatura: processo nucleon, conformal coating, lega senza piombo con un nuovo attivatore, ecc.



[www.siprelinternational.it](http://www.siprelinternational.it)

Dimensioni serbatoio	serbatoio intercambiabile da mm 80 x 250 x 300h
Chimica	50 o 75% di IPA / acqua deionizzata
Resina	cartucce intercambiabili da 1 litro di resina
Gamma di misurazione	da 0,01 a 20 $\mu\text{g}$ EqNaCl/cm <sup>2</sup>
Sensibilità	0,0001 $\mu\text{S/cm}$ o 0,003 $\mu\text{g}$ EqNaCl/cm <sup>2</sup> x 1 PCB di 100cm <sup>2</sup>
Alimentazione	230V AC 50 Hz in opzione 110V AC 60 Hz
Peso	17kg
Dimensioni	lung. x larg. x altezza mm 510 x 315 x 590

In particolare, l'attenzione va posta ancora sulla diffusione dei processi lead free che hanno imposto al circuito stampato dei processi termici di entità maggiore rispetto al passato, in particolare per quello che riguarda i valori di temperatura di picco.

In aiuto, e non si poteva altrimenti, i produttori di materiale di base hanno apportato modifiche di produzione e di composizione degli stessi tali da mettere sul mercato dei supporti di prestazioni elevate senza ricadere su materiali fuori standard (ad esempio come materiali ad alto tg).

Detti materiali, se da un lato hanno risolto la problematica del *Time to Delamination* (attualmente non fa specie analizzare materiali che possono resistere a 10 cicli da 10 sec. a 288 °C float) gli stessi hanno imposto una serie di implementazioni/modifiche del processo produttivo. In questa sede si farà riferimento in particolare alle rotture delle metallizzazioni.

## METALLIZZAZIONE E CONNESSIONI INTERNE

Uno degli elementi fondamentali su cui focalizzare l'attenzione è certamente la caratteristica dei materiali in gioco indicata come **Cte** (in pratica il coefficiente di espansione in Z).

Certo, molti altri fattori sono di fondamentale importanza come la foratura, la pulizia, il desmearing, l'accrescimento elettrolitico, ecc. Di questi non ci occuperemo perché diamo per scontata la loro corretta realizzazione.

Il coefficiente di espansione in Z indica la variazione di spessore di un materiale al variare della temperatura. Nel circuito stampato questo è di fondamentale importanza perché, come ben noto, le connessioni

elettriche trasversali (leggi fori metallizzati) sono alla base del funzionamento della scheda. L'espansione in Z del materiale di supporto costringe dette connessioni, durante le fasi di stress termico di produzione e poi di assemblaggio e, da ultimo, di utilizzo, a comportarsi elasticamente, copiando ogni variazione dimensionale del supporto stesso.

Se così non fosse (e quando accade le conseguenze sono ben evidenti) si otterrebbe la rottura della connessione a ogni più piccola variazione.

Nel caso del rame elettrolitico, che è allo scopo il materiale di maggior diffusione, le caratteristiche di robustezza e elasticità vengono controllate in fase di processo galvanico così da ottenere quanto ricercato (spessore della metallizzazione e composizione del rame di riporto adeguati).

La non compatibilità tra cte del materiale e robustezza/elasticità del rame galvanico comporta le rotture in esame che si presentano come fratture della metallizzazione (corner crack, barel crack, ecc.) e, con loro, l'interruzione di funzionamento.

I casi più critici sono quelli in cui dette fratture avvengono parzialmente durante il processo di produzione/assemblaggio e si completano durante la vita funzionale della scheda.

I test che vengono realizzati in fase di produzione dei cs e il controllo sistematico dei parametri di processo coinvolti assicurano il funzionamento del sistema materiale/rame elettrolitico e garantiscono la qualità del prodotto, nel senso che non saranno presenti parziali fratture.

È però importante ricordare che, oltre alle caratteristiche del materiale di base e alle caratteristiche dei masslam ottenuti in presso termica, una particolarità del cs è l'**igroscopicità**, quindi la capacità di accumulare umidità al suo interno.

**Siprel International s.a.s.**

via Staffora 14 A/6 - 20090 Opera MI  
tel. 02-5761.9060 - fax 02-5761.0095  
e-mail: [siprel@siprelinternational.it](mailto:siprel@siprelinternational.it)

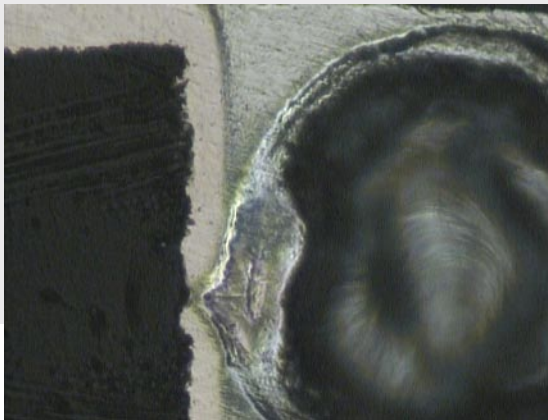


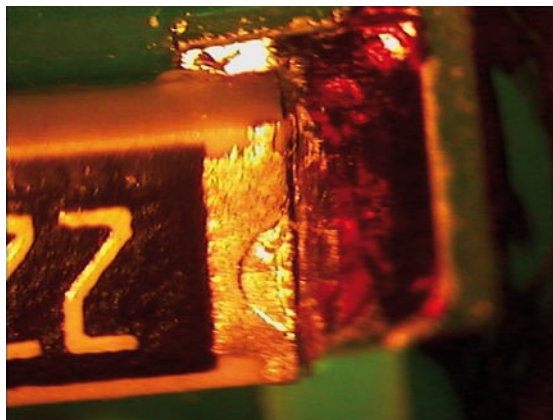
Fig. 5 - Voids e out-gasing

Detta caratteristica fa sì che un non idoneo mantenimento del cs prima dell'assemblaggio aumenti la difettosità di cui sopra. Tale fenomeno si deve alla implicita riduzione della tg (temperatura di transizione vetrosa) del materiale se lo stesso ha accumulato umidità. La riduzione del tg comporta una riduzione del Td (*time to delamination*) e un incremento del Cte. Il tutto porta alla destabilizzazione del sistema sopra descritto per cui le connessioni possono a fratturarsi (Fig. 4).

## OBIETTIVO 2: PREVENIRE LE ANOMALIE DI PROCESSO E DI PRODOTTO

Il gruppo Alba Elettronica ha concentrato parte dei propri investimenti alla realizzazione di un reparto di controllo che le permetta di eseguire in loco tutti le analisi e i test necessari per assicurare ai propri clienti un risultato ottimale. In particolare l'attenta cura posta alle

Fig. 6 - Componente ceramico crackato a bordo scoring



micrografie e la collaborazione con laboratori di supporto, permettono di identificare in anticipo e senza gravare sulla propria clientela, ogni possibile anomalia di processo o di prodotto.

Allo stesso modo ogni prodotto di origine asiatica viene adeguatamente valutato per garantire l'adeguatezza agli standard europei, così come i continui audit mantengono i livelli di qualità imposti dal gruppo.

Ancora, i corsi di formazione tenuti da alcuni manager mettono in condizione Alba Elettronica di supportare i propri fornitori e i propri clienti relativamente a detta materia, per quanto molto estesa.

I controlli eseguiti di default sui propri prodotti mirano a esaminare appunto gli spessori delle metallizzazioni, sfruttando la metallografia e gli apparati dedicati (sonda di Eddi); i coefficienti di rugosità e di pulizia del foro; l'uniformità della metallizzazione; le connessioni agli strati interni e la tenuta degli esterni. Il tutto viene eseguito dopo aver processato gli stress termici previsti dalla normativa di riferimento, ma non solo: gli stessi test vengono ripetuti con parametri irrigiditi così da valutare il grado qualitativo raggiunto.

## ALTRE IRREGOLARITÀ/DIFETTOSITÀ DIFFUSE

Senza voler entrare nel dettaglio, è abbastanza importante fare un cenno ad altre problematiche che possono

essere riconducibili alla produzione del cs, ma non solo.

- *Outgassing*: è un difetto che si riscontra in particolare sulle saldature a onda e genera dei giunti non completi su componenti tradizionali. Le fessurazioni si presentano sotto forma di crateri e molto spesso è necessario il recupero manuale.

La causa può essere la presenza di "voids" sulla metallizzazione del foro (Fig. 5) dove tale reoforo viene inserito. Detto void diventa un canale attraverso il quale, durante la fase di assemblaggio, si scarica in forma gassosa l'umidità accumulata dal supporto del pcb. È quindi importante (peraltro come previsto dalla normativa di riferimento IPC A-600) che dette irregolarità non siano presenti, se non in basse percentuali e ciò può essere garantito da una parametrizzazione corretta dei processi di foratura, desmearing, metallizzazione primaria e deposito elettrolitico.

Assolutamente da evitare è una rugosità del foro sopra i 25  $\mu\text{m}$ . Questo può comportare l'esposizione delle fibre del materiale anche in assenza di void e il "canale" prima accennato sarebbe comunque presente.

Vero è anche che la stessa difettosità può riscontrarsi per anomalie del processo di saldatura a onda. In particolare, c'è da porre attenzione all'asciugatura del fluxante, ai parametri di preriscaldamento, all'interferenza, aspetti questi che usualmente vengono lasciati inalterati nel passaggio da un cs a un altro di tipo diverso, mentre andrebbero ottimizzati per ogni diversa massa termica.

## Defects Announced



*Careful checking of the process parameters, the use of advanced techniques and careful re-examination of the papers sent allow the Alba Elettronica group to compare with their clients all the aspects that can put the success of the electronic product at risk,*

*before starting production of course. This way, every detail is checked and adapted to the needs of the client. Similarly, investments in the production equipment allow the line to obtain a product of excellent quality, which is validated at the end of the process by an equally accurate exit test. The final aim? Class 3 IPC, extended to every part of production.*

- **Micro correnti:** particolari attenzione in fase di masterizzazione va posta alla distanza minima fra fori metallizzati che debbano essere non connessi. È infatti noto che il materiale isolante presente fra detti fori presenta una permeabilità ai liquidi di processo nella produzione del pcb per cui si possono riscontrare sul prodotto finito dei valori di isolamento fra detti fori non ottimali.

Pur in assenza di connessione elettrica, vi è una migrazione di elettroni attraverso una sorta di tunnel che si genera all'interno del materiale di supporto. Tale effetto peggiora in presenza di foratura non ottimale (ancora la rugosità del foro), ma è legato principalmente al tipo di materiale di base utilizzato. Si consideri comunque che detto difetto può non essere critico se le tensioni in gioco non permettono la migrazione degli elettroni. È perciò fondamentale che a una accurata produzione del cs corrisponda un'altrettanta attenta analisi in fase di progetto.

- **Imbarcamenti:** l'automazione dei processi di assemblaggio e la miniaturizzazione della componentistica richiedono sempre più una planarità del supporto. È certamente possibile ottenere dei circuiti stampati di ottima planarità se si realizzano layout bilanciati. Al contrario, nel caso di schede con integrazione di parti analogiche e di potenza, sempre più utilizzate, o schede con schermature presenti su un

solo lato o su parti di entrambi i lati, o nei multistrato nel caso di build up non simmetrici, detta planarità potrebbe non raggiungere il valore desiderato. Non vi sono rimedi a un circuito mal progettato.

Esistono processi presenti nella produzione che certamente possono compromettere questo requisito del pcb, anche se il tipo di attrezzature oggi in uso ha ridotto di molto gli accadimenti di tal genere.

- **Rottura della componentistica:** molto diffusa è la richiesta di una pannellizzazione del circuito stampato per poter permettere un processo di assemblaggio automatizzato e di grande produttività.

Sempre più la definizione meccanica eseguita a mezzo di processi di scontornatura Cnc (fresature e testimoni di aggancio) è stata soppiantata dal pretaglio (in gergo taglio scoring o V-cut), molto più comodo, veloce e economico. In questo ambito le richieste sono le più svariate e normalmente in assenza di una specifica ben definita.

Certamente una realizzazione con attrezzature inadeguate comporta difficoltà di separazione dei cs post assemblaggio e nel caso di forzature, la possibilità di compromettere parti della componentistica (**Fig. 6**). In assoluto però, la maggiore rigidità dei materiali indotta dalla tecnologia lead free richiede un'attenta analisi di progetto che deve tener conto anche di questo importante particolare. Ancor più, le corrette infor-

mazioni devono essere trasmesse al produttore di pcb. Sempre più spesso ci si trova davanti a problematiche non risolvibili, in quanto viene richiesto al circuito di essere sufficientemente rigido, ma al tempo anche sufficientemente morbido.

### VERSO UN PRODOTTO STANDARD IN CLASSE 3 IPC

L'attenta verifica dei parametri di processo, l'utilizzo di tecniche all'avanguardia e un attento riesame della documentazione inviata, permettono al gruppo Alba Elettronica di confrontare con la propria clientela questi aspetti prima di andare in produzione. In tal modo ogni particolare viene verificato e adattato alle esigenze del cliente stesso.

Allo stesso modo gli investimenti eseguiti sulle attrezzature di produzione permettono alla linea di ottenere un prodotto di ottimo livello che viene a fine processo validato da un altrettanto puntuale collaudo di uscita. Obiettivo finale? **La classe 3 IPC**, estesa alla totalità della produzione.

Autore:

Ing. Giulio Scarpa, Responsabile della Qualità di Alba Elettronica

#### per saperne di più:

**Alba Elettronica**  
**Tel. 041 59.02.638**  
**Fax 041 59.04.408**  
**www.albait.com**