

鉛系錫膏轉換成無鉛錫膏之品質問題改善研究

陳金蓮* 陳永璋
樹德科技大學工業管理系

摘要

就現在製作 FPC(Flexible Printing Circuit Board)的廠商來說,由於環保的要求使得原本採用的傳統鉛系錫膏(例如 Harima Chemicals, Inc 所製造之 F16 系列產品),紛紛被停止使用,進而改用符合環保要求的無鉛錫膏(例如昇貿公司與工研院所共同開發之 SH-5521 等產品),而無鉛錫膏由於鉛含量低,因此在施工時往往造成錫膏在熔著時產生錫膏流動性不佳,接而造成焊錫不足、短路等現象,或因熔著溫度過高而產生錫爆而形成錫球殘留等問題。此外,部品高度不吻合的主要因素也是錫膏,因為在焊接時錫膏與錫鉛電鍍的 PAD 吃錫量必須為腳長 1/2 左右(依各公司之 FPC 實裝規格書),才能使零件(電阻、電感)與腳針有接觸而達到通電的效果。然而由於錫膏材料的改變此 PAD 吃錫量也因而不同。因此,本研究特別針對此二問題,經由各種實驗變數的分析,最後發現到主要影響品質之因素有:錫膏放置與攪拌時間、錫膏黏性、迴錫爐(reflow furnace)溫度條件等,並經由實驗驗證而訂定出最佳的施工條件。

關鍵字:表面實裝,軟式印刷電路板,無鉛錫膏,迴錫爐,錫膏黏性

1. 研究動機與目的

軟性印刷電路板(FPC)為筆記型電腦與無線通訊手機等產品中所不可或缺的零組件,其品質的優劣直接會影響到產品整個的功能,因此如何有效的控制軟性印刷電路板的製程,品質以及提高良率,是為製造業者所急需解決的問題。

近年來,更由於環保的要求使得原本採用的傳統鉛系錫膏(例如 Harima Chemicals, Inc 所製造之 F16 系列產品),紛紛被停止使用,進而改用符合環保要求的無鉛錫膏(例如昇貿公司與工研院所共同開發之 SH-5521 等產品),而無鉛錫膏由於鉛含量低,因此在施工時往往造成錫膏在熔著時產生錫膏流動性不佳,接而造成焊錫不足、短路等現象,或因熔著溫度過高而產生錫爆而形成錫球殘留等問題。此外,因為在焊接時錫膏與錫鉛電鍍的 PAD 吃錫量必須為腳長 1/2 左右(依各公司之 FPC 實裝規格書),才能使零件(電阻、電感)與腳針有接觸而達到通電的效果,由於錫膏材料的改變而造成 PAD 吃錫量因而不同,這也是造成部品高度不吻合、性能變異的主要因素之一。

因此,本研究特別針對鉛系錫膏轉換成無鉛錫膏之品質改善問題,經由各種實驗變數的分析,最後發

現到主要影響品質之因素有:錫膏放置與攪拌時間、錫膏黏性、迴錫爐(Reflow furnace)溫度條件等,並經由實驗驗證而訂定出最佳的施工條件。

2. 研究方法

本研究首先針對現有生產單位中修整率過高或不良率過高的部品,依據公司方針(客戶訴怨次數)、作業能力(改善容易度)、時效性、客戶重要性、可達成性、評價總數、優先順位等原則,選出本研究之主題部品 A (ALPS 品目)。

之後,就主題部品 A,進行不良現狀分析,以分析其主要不良項目。主要不良項目有「錫球殘留」以及「高度不符」等問題。接著利用特性要因圖,以瞭解造成主要不良項目之主要影響因素。

研究之主要流程如圖一所示。

3. 研究結果及其分析

3.1 主題部品之選定

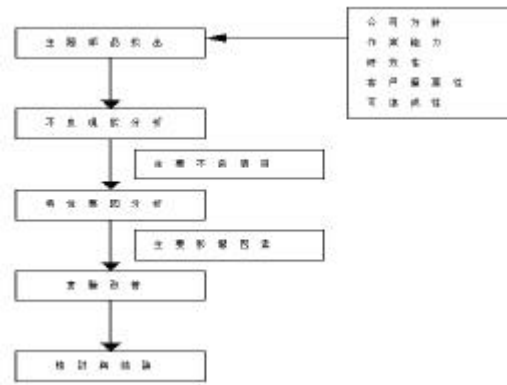
* 聯絡人: yjchen@mail.stu.edu.tw

依據公司方針(客戶訴怨次數)、作業能力(改善容易度)、時效性、客戶重要性、可達成性、評價總數、優先順位等原則，進行本研究之主題部品(A0) 的選出，而其結果如表一所示。

選定評價表選定 A 作為提昇良品率之主題部品，原因如下：

1. 由於 A 產品製程不良率高,常耗費修整線相當長時間
2. 該產品產量對本部門來說,佔相當大的比例,且每片知單價相當高

因此，若能提昇 A 之製品良品率對生產而言,不論是零件消耗或人工工時均能有更低之成本。



圖一. 實驗流程圖

3.2 不良現狀分析

為瞭解實際不良情形，根據生產線上 A 之不良項目及數據作成不良現狀分析表(如表二所示)。其中錫球殘留與部品高度不符約佔了全體的 98.29%，因此本研究所以定此二項目作為研究目標。

為更瞭解此二不良項目在各部品之不良現狀分布情形，接著我們針對此二不良項目之個別不良現狀分析，其結果如表三與表四所示。就 A 錫球殘留而言，以 CHIP 電容 011A 以及 CHIP 電容 012A 最為嚴重，而高度不符情形，則以 011A 與 013A 最為嚴重。因此，接下來的實驗我們選擇這幾個電容與電阻作為我們探討的目標。

3.3 錫球殘留問題

經由對策檢討，進行要因分析而得到影響錫球殘留之要因分析圖，如圖二。經檢討後，有關人員方面的因素，利用教育訓練以及加強督導來加以排除，但是不良現狀還是無法獲得改善，因此認為主要原因在於機械設備與原料之因素。

3.4 部品高度不符問題

經由對策檢討，進行要因分析而得到影響部品高度不符之魚骨圖，如圖三。經檢討後，有關人員方面的因素，利用教育訓練以及加強督導來加以排除，但是不良現狀還是無法獲得改善，因此認為主要原因在於機械設備與原料之因素。

3.5 錫膏的攪拌時間及錫膏放置的時間

經由要因分析，發現錫球殘留與部品高度不符之

表一. 主題部品選定評價表

	公司方針	作業能力	時效性	迫切性	達成性	評價總數	優先順序
A	8	7	6	8	6	35	1
B	5	5	3	3	4	20	3
C	8	4	4	5	3	24	2

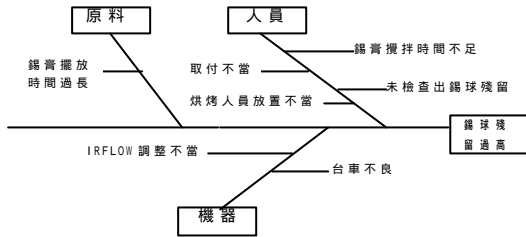
表二. 不良現狀分析表

不良項目	不良數量	百分比	累計百分比
1.錫球殘留	2193	66.09%	66.09%
2.部品高度不符	1095	32.29%	98.39%
3.漏件	834	0.99%	99.38%
4.零件受損	375	0.23%	99.61%
5.裝置不當	195	0.19%	99.79%
6.打拔偏移	94	0.14%	99.94%
7.其他	45	0.06%	100.00%

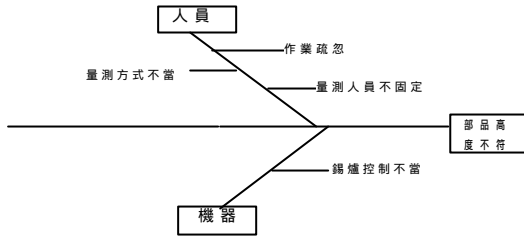
備註：總檢驗數13587片，不良片數4831片，良品率64.44%

表三. 錫球殘留狀況分析表

不良項目	不良數量	累計不良數量	百分比	累計百分比
CHIP 電容 011A	1365	1365	62.24%	62.24%
CHIP 電容 012A	687	2052	31.33%	93.57%
CHIP 電容 013A	87	2139	3.97%	97.54%
CHIP 電阻 017A	54	2193	2%	100.00%



圖二. 錫球殘留要因分析圖



圖三. 部品高度不符要因分析圖

表四. 高度不符狀況分析表

不良項目	不良數量	累計不良數	百分比	累計百分比
011A	654	654	59.73%	59.73%
013A	335	989	30.59%	90.32%
其它	106	1095	9.68%	100.00%

表五. 錫膏攪拌時間與黏度值比較

分鐘	3	5	7	10	15	20	30	40	60
粘度值	900~1100	800~900	600~800	500~700	400~600	400~600	400~601	400~602	400~603

問題主要原因在於機械設備與原料方面，並且，錫膏攪拌時間與黏度對製品品質有著重大的影響。因此，藉由以下實驗以找出最佳的攪拌時間。

1. 實驗品目:A 品目編號:99-710
2. 實驗的機台:熔著爐 AS-04
3. 實驗步驟
 - m 自冰箱取出錫膏分別在各罐上標明 3 分鐘、5 分鐘、7 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、40 分鐘、60 分鐘。
 - n 取出標示 3 分那罐置於攪拌機上，攪拌 3 分鐘後取出以黏度計測測其黏度並記錄之。
 - h 將機台條件速度調整至標準規定值。
 - i 取一批進行試驗，自此抽樣取出 50 PCS 進行實

裝。

- r 樣本依量產模式進行實裝。
- w 檢查產出品質並記錄不良數。
- j 再擺放 0 小時.2 小時.4 小時.6 小時.8 小時.10 小時.12 小時以後分別進行實裝，檢查實裝品質並記錄之。
- 、再分別將 5 分鐘、7 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、40 分鐘、60 分鐘那幾罐重覆 2~7 之步驟。

4. 實驗結果：

首先測試錫膏攪拌時間與黏度變化之關係。粘度對製程之穩定有節隊的影響。依錫膏廠商所提供資料顯示 500~700 d.pa.s 粘度值生產最為穩定。表五為錫膏攪拌時間與黏度值之測試結果。結果顯示 7 分鐘與 10 分鐘時為廠商建議的粘度穩定值。

接著進行擺放時間與攪拌時間之交叉比較，其結果示於表六。由表六可看出錫膏攪拌時間在 7 分鐘與 10 分鐘時對產品的不良數最為穩定這與表五之結果相同，因此錫膏以攪拌 10 分鐘為主。由表六也可看出當擺放時間一超過 12 小時，不良數增加很多，因此因此錫膏不宜擺放超過 12 小時。

3.6 熔著爐溫度過高及轉速(輸送帶)過快

經由要因分析，發現錫球殘留與部品高度不符之問題主要原因在於機械設備與原料方面，並且熔著爐溫度過高及轉速(輸送帶)過快對製品品質有著重大的影響。因此，藉由以下實驗以找出最佳的熔著爐溫度及轉速。

1. 實驗品目:A 品目編號:99-710
2. 實驗的機台:熔著爐熱風式
3. 實驗步驟:
 - m 將錫鉛印刷速度由 50 刻度降低至 45 刻度，改變錫膏塗層厚度。
 - n 輸送帶速度由原本 1.2 米/分鐘調整至 0.9 米/分鐘，以及 0.8 米/分鐘，以改變 FPC 之熔著溫度。
 - h 爐溫如下：

量測位置	1	2	3
溫度()	330	360	390

- i 以量產速度去調整速度值進行試驗。
- r 將製品測試線焊在腳針下，實裝時 FPC 擺放治具上。

不良數	擺放時間(小時)						
	0	2	4	6	8	10	12
3	4	5	3	4	3	3	3
5	3	3	6	1	3	4	4
7	3	2	3	3	3	2	3
10	4	4	2	2	2	3	2
15	5	4	2	4	2	3	3
20	3	3	5	3	1	4	2
30	2	3	2	3	6	3	3
40	4	3	1	3	4	3	2
60	5	3	2	4	2	4	4

不良數	擺放時間(小時)						
	14	16	18	20	22	24	
3	5	5	8	10	8	7	
5	8	6	1	8	5	7	
7	8	6	5	7	4	8	
10	3	8	8	7	4	5	
15	5	6	9	5	2	3	
20	9	4	8	7	11	10	
30	9	15	3	5	9	12	
40	6	1	4	2	11	5	
60	7	1	6	7	4	10	

表七、輸送帶速度與不良品數之關係

取樣數：100pcs				
速度(米/分鐘)	1.2	0.95	0.9	0.8
項目				
剝離	15	10	5	0
錫球殘留	9	11	8	4
其它	5	6	7	6
良品數	71	63	80	90
最高溫度(±10°C)	230	220	190	220

表六. 擺放時間與攪拌時間交叉比較表

w 取第 1PCS 測溫線另一端插入測溫器 1 號處，第 2PCS 測溫線另一端插入測溫器 2 號處，第 3PCS 測溫線另一端插入測溫器 3 號處。

j 進入電腦 PROW 工作檔：測溫器服務 測溫內部狀況 載入資料 結束 資料分析 顯示溫度曲線 顯示最高溫度及時間分析 表單輸出

4. 結果：

如表七所示，錫膏印刷速度由 50 刻度降低至 45

刻度，輸送帶速度調整至 0.8 米/分鐘時，FPC 在最高溫度 $230 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 時停滯達 30 秒，製品沒有產生剝離現象，且熔著後的焊點均勻，所以取此為最佳的製造條件。

4. 結論

由於環保的要求使得原本採用的傳統鉛系錫膏(例如 Harima Chemicals, Inc 所製造之 F16 系列產品)，紛紛被停止使用，而無鉛錫膏由於鉛含量低，因此在施工時往往產生很多問題。因此，本研究特別針對此二問題，經由各種實驗變數的分析，最後發現到主要影響品質之因素有：錫膏放置與攪拌時間、錫膏黏性、迴錫爐(reflow furnace)溫度條件等，並經由實驗驗證而訂定出最佳的施工條件。

參考文獻

1. Clyde F. C., *Coombs' Printed Circuits Handbook*, McGraw-Hill Company (2001).
2. Mark I. M., *Emc & the Printed Circuit Board: Design, Theory & Layout Made Simple*, Institute of Electrical & Electronics Engineer (1999).
3. Mark I. M., *Printed Circuit Board Design Techniques for Emc Compliance : A Handbook for Designers* (IEEE Press Series on Electronics Technology), IEEE Computer Society Press (2000).
4. John Varteresian , *Fabricating Printed Circuit Boards*, Lih Technology Publishing (2002).