

實裝技術에 있어서의 環境影響

洪 淳 國*

The Effect of Environments in Packaging Technology

S. K. Hong*

1. 序 論

電子製品의 高機能化에 따라 Controller의 중요성은 점점 增大되고 있다. 따라서 Controller(이하 PCB라 稱함)의 製造 工程에서 납땜 關聯 Board 材料, Flux, Flux 탄화 煙氣 등은 植物의 枯死 現象등 地球 環境을 위협하고 있다. 특히, 自動車 煤煙이나 塗裝 또는 PCB 납땜시 SOX, NOX, 炭化水素系등이 揮發 하게 되며 亞황산 Gas나 窒素 酸化物이 大氣中에서 물과 反應하여 黃酸 또는 窒酸으로 變하여 PH 5.6 以下の 酸性비를 내리게 한다. 이 酸性비는 森林 被害 魚類減少등 生態界를 破壞하고 콘크리트 鐵製등 建築 資材物을 腐蝕시킨다. 또한 바람에 의해 隣接 國家에도 막대한 被害를 주고 있다. 특히 廢家電製品의 PCB 接合部에 酸性비가 接觸되면 Pb 이온이 溶出되어 土壤 및 水質汚染, 人體被害등 深刻한 影響을 미치게 된다.

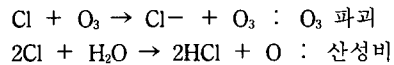
最近 이와관련 世界 各國의 規制 움직임이 活潑 해지고 있어, 本 論文은 電子器機 製品의 心腸인 PCB와 關聯된 環境汚染 對象物質의 規制動向과 深覺性 및 이에 대한 環境被害 Mechanism을 分析하여 實裝 技術에 있어서 總體的인 環境對應 方案을 模索하고자 한다.

2. 本 論

2.1 環境에 影響을 주는 因子

1) CFC

CFC는 鹽素界 炭化水素로서 成分中 Cl이 다음 反應에 의해 O₃層을 破壞시키며 酸性비의 原因이 된다.



오존層은 地上 20~25 km 높이에서 地球를 감싸고 있으며 오존은 햇빛속의 有害 紫外線을 吸收한다. CFC 등의 Gas가 上記와 같이 鹽素를 排出 O₃를 分解하여 成層倦의 오존층을 破壞시키므로 紫外線의 피부 接觸에 의한 皮膚癌, 動植物의 成長抑制, 酸性비의 重金屬(Pb)이온 溶出에 의한 土壤 및 水質을 汚染시켜 動植物 및 人體에 影響을 미치고 있다.

2) Solder

모든 家電製品의 PCB 製造에 있어서 납땜용 Solder는 現在의 接合 Process로서는 必修 不可缺한 材料이다. 이 Solder는 Pb와 Sn 成分의 合金 狀態로 存在하며 그중 Sn은 重金屬 範圍에 屬하나 人間은 日常生活의 植物屬에서 數 mg의 Sn을 採取하고 있고 從來의 文獻에 나타난 바에 의하면 Sn은 오히려

* 비회원, LG전자(주) 生産技術센터

人間에 있어서 必要한 滋養 成分으로 볼 수 있어 環境에 對한 影響은 거의 없다고 할 수 있다.

그러나 Pb는 人體에 直接的인 影響을 미치고 있으며 그 事例로서 Paint, 가솔린, 水道管, 땀납, 自動車用 電池등에 主로 使用되어 왔다. 이중 땀납과 自動車用電池를 除外하고는 이미 그 使用이 制限되고 있다. 1991년에 發表된 資料에 의하면 金屬 Pb의 年間 總 使用量(658,251 Ton)中 0.8%가 Electronics 납땀용(5,266Ton)으로 推定되고 있다.

3) Flux

PCB 製造時 各種 電子 部品の 납땀 接合을 容易하게 하기 위해 化學物質인 Flux를 使用하고 있다. Flux는 Rosin 粉末과 諸化學 成分이 混合된 狀態의 液狀으로 使用되며 液狀 Flux는 主로 揮發性 有機化合物로 構成되어 있으며 炭火水素界 VOCs(Volatile Of Compounds) 蒸發時 惡臭와 함께 光化學 Smog의 原因 物質로서 地球 溫暖化와 酸性비를 招來하고 있다. 國內 Flux 年間 使用量은 約 100 Ton 정도이며 이 中 VOCs類는 約 70 Ton에 이르고 있다.

* 액상 Flux : Rosin 또는 Resin과 활성화제, 회석제로 구성되어 있으며 이 중 약 70% 이상이 회석제임.

4) 基板 洗淨 溶劑

솔더링(납땀)後 基板上에는 Rosin과 微量의 活性劑가 殘査로 남게되며 이들 殘査는 Field에서 腐蝕을 일으켜 絶緣 抵抗 低下, 檢査時 Checker Pin 接觸不良等 問題點을 惹起시키므로 洗淨의 必要性이 絶對的이었다. 그러나 洗淨에 있어서도 또다른 問題點을 隨伴하고 있다. 洗淨劑로서 主로 Freon, TCE (Tri-Chloro Ethane)를 使用하고 있는데 이는 環境汚染 物質인 CFC類로서 이미 規制가 進行中이며 또한 洗淨時 電子 部品에의 洗淨液 流入등으로 2次不良을 發生시키기도 한다.

5) 實裝用 보드 및 部品 容器

PCB의 基板은 페놀(Phenol) 및 에폭시(Epoxy) 樹脂로 되어있고 대부분의 容器들은 플라스틱 材質로 되어 있으며, 國內에서 年間 버려지는 主要 家電 製品의 基板數량을 日本과 比較해보면 표 1과 같다.

표 1. 한,일 폐기 가전 제품 기관 수량 비교

품 명	폐 기 판 수 (단위:천대)	
	한 국 (1993)	일 본 (1990)
T V	1,117	5,086
냉 장 고	1,306	3,393
세 탁 기	450	3,604
에 어 컨	85	1,848

2.2 環境影響 Mechanism

1) Pb

Pb가 健康에 影響을 미치는 原因으로 體內에서 Pb가 蓄積되는 것으로 단백질과 結合하기 쉽고 身體組織의 機能을 損傷시킨다. 이 結果 神經系의 認識 舉動 시스템과 肉體의 成長을 늦추고 貧血과 高血壓을 招來하고 헤모글로빈의 生成 速度도 늦어진다. Pb는 血液에서 測定可能하며 侵入 經路는 飲料水中의 Pb, 汚染된 먼지나 土壤등이다. 표 2는 大氣中, 水中, 血液中の Pb 濃度を 나타내었다.

표 2. 대기, 물, 혈액중의 Pb 허용 농도

구 분	대기중 (ug/cm)	수중 (ug/l)	혈액중 (ug/dl)
일 반	0.0002	1	10
도 시	2.0	5~15	152
규 제	50(공정)	50(음료수)*	40

* 신규로 15 ug/l로 정정

Pb는 두가지 形態로 環境의 影響을 미친다. ①Pb의 直接的인 人體接觸에 의한 影響과 ②廢家電製品의 基板이 放置되어 있을때 납땀부에 酸性비가 내리면 Pb이온(Ion)이 溶出하게 된다.

廢家電製品에 對한 産業 廢棄物 溶出試驗에서 Pb 溶

표 3. 폐가전 제품에 대한 Pb 용출 결과

PARTS	Pb 용출량(ppm)
CD PLAYER	124
카세트	23
PC 기억장치, HARD DISK	161
TV, 브라운관	40 ~ 60
AUDIO	5 ~ 11
전기 HEAD	5 ~ 11

(1993.9.18 일본 매일신문)

出量은 표 3과 같으며 3 ppm 以上 檢出時 特殊指定場所에 廢棄 하도록 規定되어 있다.

表에서 나타내는 바와 같이 電子製品 廢棄物은 3ppm Pb를 超過하고 있어 廢棄方法에 對한 摸索이 要求된다.

2) VOCs (Volatile Of Compounds)

電子器機의 납땜 關聯 VOCs에 該當하는 物質은 ① Flux 活性劑로서 Cl과 아민類, ② Flux 稀釋制로서 IPA(Iso Propyl Alcohol), ③ 基板 洗淨制로서 Freon 또는 1,1,1-TCE의 Cl을 들수 있다. 이들중 鹽素系 炭化水素는 太陽으로부터의 強한 紫外線의 影響에 의해 光分解되어 Cl을 放出, 이들이 光化學 反應을 통해 오존(O₃)層 破壞, 光化學 Smog 生成에 의한 O₃ 增加, 酸性비등의 原因 物質이 되며 그림 1에 그 Mechanism을 나타내었다.

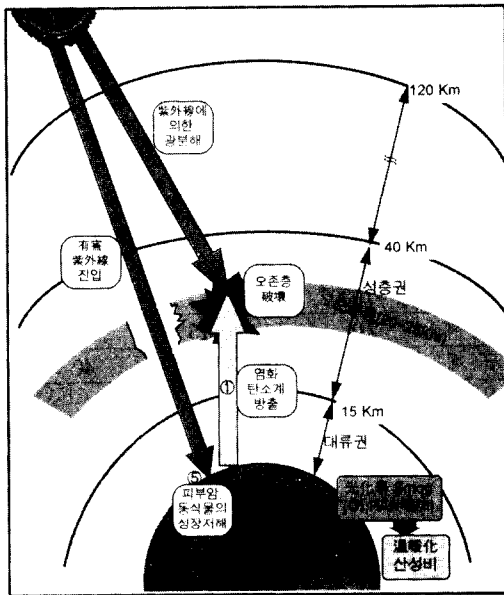
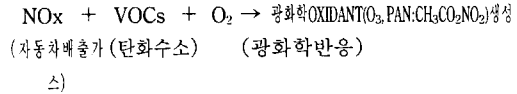


그림 1의 ① 과 같은 安定된 狀態의 鹽素系 炭化水素 化合物은 對流圈에서 쉽게 分解되지 않고 成層圈으로 放出되어 O₃ 破壞의 原因 物質로 寄與하지만, IPA등 C, H, OH 化合物은 不安定하여 對流圈에서 다음과 같은 光化學 反應에 의해서 光化學 Smog의 原因이 된다.

(자의선)



따라서, 對流圈에서의 光化學 Smog가 增加하여 地球 溫暖化 및 酸性비의 主要原因이 된다.

2.3 規制動向

1) Pb

- 1990. 3 : LEAD EXPOSURE REDUCTION ACT (Pb 0.1% 以上 含有 Solder 禁止 法案)
- 1991. 3 : TSCA 法案 (PB의 包括的 規制 見解)
- 1993. : ① LEAD ABATEMENT TRUST FUND ACT (Pb 減少 信託 基金 法案)
 - ① Pb界 塗料 危險 減少 信託 基金 法案
 - ② TSCA 改定 法案 (Pb 關聯 모든 製品의 Pb 使用 規制)
- 1993. 7 : 上院의 環境과 公共 委員會에서 法案 承認 (54 cent/Kg , 150% 課稅法)
- 1994. 5 : 上院 通過, 下院에서 審議 待機中

2) VOCs

- 1987. 9 : 몬트리올 議定書 → 1989. 7월부터 1986 年 基準量으로 凍結 1995年 80%로, 1998 年 50%로 使用量 規制 오존層 破壞 物質로 規定
- 1989. 6 : 世界的 規制 始作
- 1990. 6 : 런던 제2몬트리올 議定書
 - CFC, 하론, 사업화탄소 2000年 全廢
 - I-I TCE 2005年 全廢(規制對象)
- ① Freon : 1994年 부터 1986년 基準量의 25% 生産量, 消費量 削減 1995年 부터 全廢
- ② 基板 洗淨制(I-I TCE) : 1994年 부터 1989年 基準量의 50% 削減 1996年 부터 全廢
- ③ VOCs
 - 美國 : 1990年 大氣淨化 改定法 (The Clean Air

Act Amendments)

- 歐洲: 1992年 유럽 經濟 委員會(ECE) 議定書
1993年 EEC VOCs 統一 規制 基準
- 獨逸: 1986年 大氣 淨化 管理 技術 指針
- 英國: 1990年 環境保護法 (EPA: Environmental Protection Act)
- 이태리, 폴란드, 프랑스, 스웨덴 등도 VOCs類 規制
- 日本: 1972. 5: 惡臭 防止法 施行令
1982. 11: 炭化水素類 排出 抑制 (光學 Smog 防止對策)
1994. 11: 有機 溶劑 總量 規制

2.4 對應推移

1) Pb-less Solder

電子器機 製造 Maker에서는 Pb 規制에 對應하여 世界各國의 Solder Maker와 共同으로 新合金 形態의 Solder 또는 導電性 接着劑를 開發하고 있다. 이러한 合金은 從來 Sn/Pb 合金에서 Pb를 除去하고 Sn, Bi, In, Ag, Sb, Cu, Zn등의 重金屬中 最小한 3~4 種類의 金屬을 添加한 것으로서 從來의 Sn/Pb Solder보다 납땜性能, 量産프로세스, 溫度 Profile등이 同等 또는 優秀해야 한다는 前提下에서 可能하다. 現在 開發 進行中인 Pb-less Solder와 從來 Solder의 諸 性質을 표 4에 나타내었다.

이들 合金中 大部分이 既存 對比 Sn이 數십% 增加됨에 따라 납땜 表面에는 Sn 酸化物로서 SnO, SnO2 生成이 增加하고, 또한 合金에 따라 鎔融 溫度가 15~40℃ 정도 增加됨으로 이에 適合한 납땜용 Flux의 開發도 並行되어야 한다.

납땜의 鎔融 溫度 增加에 따른 Flux의 影響은 다음과 같다.

- ① 납땜 直前에 活性 成分의 分解 速度가 빠르다.
- ② 보다 빠른 Flux 蒸發로 납땜中에 酸化物 生成이 容易
- ③ 高溫에서 急速 分解, 反應으로 Flux 殘渣의 洗淨이 어렵다.

2) 導電性 接着劑

金屬接着用으로 납땜 金屬외에 導電性 接着劑를 使用하는 것으로 플라스틱에 導電性 金屬(Ag, Cu)을 混入하여 液晶器機등의 低溫 接合에 使用되고 있다. 이들 接着劑는 絶緣性 Polymer와 導電性 金屬으로 Ag, Ni, Cu, C 또는 이들 Coating으로 構成된다. 이들의 長點은 ①低溫 接合 容易 ②接合後 洗淨 不必要 ③Pb-less라는 點이다. 그러나, 制限的으로 使用可能하며 現在의 基板 납땜 Process에의 適用은 限界가 있다.

3) VOCs

Flux中的 活性劑로서 Cl-을 排除하고 有機酸 이온을 增加시킨 無鹽素系 Flux를 開發하고 있으며 稀釋制로서의 IPA 代替를 위해 基板의 無洗淨化 및 代替 洗淨劑로서의 水系를 採擇하고 있다.

Flux	활성제(Cl-)	무염소계, 수용성 Flux, 유기산 증가
	희석제(IPA)	수계 (50%)
기관 세정	Freon(1,1,1-TCE)	수계

표 4. 종래의 Solder와 Pb-less Solder의 성질 비교

구 분	63 Sn 37 Pb	95 Sn 5 Pb	96.5 Sn 3.5 Ag	95.5Sn 4 Cu 0.4 Ag	42 Sn 58 Bi	48 Sn 52 In
고상선(℃)	183	232	221	216	138	118
액상선(℃)	공정	240	공정	222	공정	공정
전기저항(μΩ/cm)	15	-	12.3	-	34.5	14.7
인장강도(1b/in)	7,100	8,900	8,900	-	8,000	1,720
연신율(%)	28	38	73	-	20	83
젖음성	우	양	양	양	가	가
사용 Flux	RMA	RMA	RMA/RA	OA	RMA	OA
광택 유무	유	무	-	광택	-	-
독성 정도	고	저	저	저	저	저
Ingot가격(\$/1b)	3.75	-	8.04	-	5.85	96.0

구 분	생 산 기 술	설 계
용융온도	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 기판과의 접촉 시간 최소화 ◆ 땀납 분류 Pattern ◆ 인두 작업 조건 재설정 ◆ 가열 시스템 ◆ 온도 Profile 설정 ◆ 신뢰성 분석 비교 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 고온 땀납 가능 부품과 기판 ◆ 열용량이 큰 부품의 설계
COST상승	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Dross 최소화 무산화 분위기 조기 확대 적용 (N₂ Wave, Reflow M/C) ◆ 땀납 소모량 최소화 추가 납땀 공정 삭제 무수정화 	
FLUX	Pb-less 합금용 Flux리서는 종래보다 기존 Solder에 활성도가 다른 Flux 사용이 요구됨에 따라 Flux의 납땀성, Solder Ball 생성에 미치는 영향, 온도 Profile등을 고려한 최적 Flux의 선택 및 생산 조건 설정의 과제이다	

2.5 向後 對應 方案

1) Pb 最小化 또는 Pb-less Solder 開發 및 適用 檢討

Pb 成分을 排除하고 Sn, Bi, In, Ag, Sb, Cu, Zn중 3~4 成分이 添加됨에 따라 鎔融 온도가 增加함이 確實時 되고, 이들 成分이 高價이므로 Cost 上昇이 問題가 된다.

新合金 適用에 있어서 檢討되어야할 項目으로서

- Dross 問題
 - Flux 反應
 - 鎔融 溫度 上昇에 따른 Cost 上昇
 - 生産 Process
- 등으로서 각 項目에 대한 主要 課題는 다음과 같다.

Pb Free Solder 適用에서는 諸問題點 克服을 위한 研究를 進行함과 同時에 最小 Pb 含有 Solder를 使用에 따른 課稅金 負擔을 監修하면서 生産 環境 變化를 줄이는 것이다.

① CFC 規制 對應

부 자 재	Flux 및 세정제 측면	생 산 기 술 측 면
기 판	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 납땀용 Flux중 부식성 이온(Cl-,Br-,F-) 배제 ◎ 유기산 첨가 ◎ 납땀후 기판상에 존재하는 잔사 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ ION 오염 규격 MIL Spec. : 14ug/NaCl 이하 ◎ 신뢰성 평가 강화 (경년 불량 방지) ◎ Migration ◎ Pre Heating 온도 상승 15 ~ 20℃ ◎ Flux 미량 균일 도포 Spray 도포 방식 ◎ Flux 비용 관리 강화
무 세 정		
대체세정	<ul style="list-style-type: none"> ◎ CFC류 대신 IPA 또는 알콜류 사용 ◎ 수용성 Flux 사용 ◎ 수계 세정제 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 대체 세정 설비

② VOCs 規制 對應

부 자 재	생 산 기 술 측 면
<ul style="list-style-type: none"> ◎ 회석제 대체 ◎ IPA 수계 (50%) ◎ (Total Cost Down) 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ Pre Heating 온도 및 조건 재설정 ◎ 납땀후 기판 건조 시스템 검토 ◎ 납땀성 평가 재고 (Solder Ball 최소화) ◎ 기판의 휨 방지 ◎ Ceramic Foam Stone 사용 ◎ 알콜 Base보다 발포압 낮춤 ◎ 안정화 Foaming 3분간 유지 ◎ Flux조 청결 상태 관리 강화 ◎ Air Knife 설치 (각도&위치)

2) VOCs

CFC 規制 對應의 一環으로 基板의 無洗淨化 및 代替 洗淨制 適用이 推進되었으며 VOCs 規制가 急 進展됨에 따라 또다른 對應策이 要求된다.

- ① CFC 규제 대응
- ② VOCs 규제 대응

3) 基板 關聯 樹脂類의 回收 및 再處理

Recycling 方案 摸索 : 페놀/에폭시 基板 材料들의 回收 및 再處理

- 廢家電製品의 基板 回收 義務化
- 部品과 基板과의 分離가 簡單한 裝置 開發
- 分離가 容易한 設計/납땜 등이 必要

3. 結 論

PCB 關聯 Pb 規制 및 VOCs 規制가 進展됨에 따라 Pb 使用 輸出品에 대해 104\$/Kg, 150% 課稅가 豫 想되어 Electronics 製造 Maker의 生産 技術 側面에 서의 早期 對應策이 講究되어야 한다.

- 1) 開發되고 있는 Sn Base의 Pb-less Solder의 鎔融 溫度가 15 ~ 40°C 上昇함에 따라
 - 加熱 시스템 改善
 - 溫度 條件 再設定
 - New Flux 開發 및 適用
- 2) 高價 元素의 添加에 따른 Cost 上昇에 따른
 - Solder 使用量 最小化
 - Dross 最小化
- 3) New Solder / New Flux 使用에 따른
 - 接續部 信賴性 再評價 시스템
 - 傾年 不良 最小化 評價 시스템
- 4) 水系 稀釋制 Flux 使用에 따른
 - 生産 Process 再定立
 - 信賴性 確保

以上과 같이 諸方案의 早期 接近을 위해

- 副資材 Maker와의 共同 研究를 통한 檢討用 試料 先行 確保 및 製造 Maker에의 霧圍氣 形成
- 生産 Process 變化의 迅速한 對應을 위한 先行

研究

- N₂ Soldering Process 適用 (Dross 最小化, 납땜性 確保)
- 無修正化 및 追加 납땜 削除 方案 構築 (납땜量 減少로 Cost 上昇 最小化) 등이 要求된다.

참 고 문 헌

1. W.B. Hampshire : "The search for lead-free solder in surface Mount" International Conference California (1992)
2. D.Olsen : "Reliability Physics" 13th annual proc. p.80~86 (1975)
3. P.G.Harris : "Aiternative Solders for Electronics Asm" British Association Brazing & Soldering Autumn Conf. "The Joining Environment" 14-15 October 1992
4. Timothy W.Brooks : "A Lead-Free Alloy for Electronics Soldering" Circuit Asm. October p.53~60 1993
5. M.Mc Cormack : "New Pb-Free Solder alloy with superior Mechanical Properties" AT&T Bell Lab. 1993
6. Bob Irving : "Host of New Lead-Free Solders Introduced" Welding Journal October p.47~49 1992
7. Pb-Less Solder 合金과 그 問題點 日本 Technical Report(23) 1994
8. 殘野省 : 合金フリ はんたの 可能性を 深する Internepcon Seminar Text (1995.1)
9. VOCs 代替 洗淨의 方向에 について 日本機械工業 聯合會 (1993)
10. 光化學 大氣 汚染의 原因 物質의 炭化水素의 削減 對策에 關する 調査 研究 報告書(1993)
11. VOCs의 規制 背景 JICC 제2회 研究會 Text (1994)
12. 無洗淨 實裝技術 Internepcon Seminar Text(1994)
13. 資源 Recycling 소식과 情報 제2권 3호 (1993.9) (제 12회 東아시아 資源 Recycling 國際 심포지움)
14. 資源 Recycling의 實際 (韓國 資源 Recycling 學會)