

サーボシステムにおける 環境適合技術

荒井 則雄
Norio Arai

孫竹 周作
Syusaku Magotake

1. まえがき

当社では、1993年5月に全社で脱フロンを達成し、次に目標とすべき環境適合技術として「鉛フリー（無鉛）はんだ付け技術」をかかげることとした。

2000年4月に発足した、環境対策委員会化学物質排出対策部会で「鉛フリーはんだ付け技術」が、取り組み課題として正式に承認され、「鉛フリーはんだワーキンググループ」が、技術確立に向け正式に活動を開始した。

本稿では、サーボシステムの環境適合技術の一例として、現在重点的に取り組んでいる、この「鉛フリーはんだ付け技術」について説明する。

2. はんだの鉛フリー化の動向

2.1 はんだの鉛フリー化の理由

電気電子機器などに使用されている「はんだ」が、人体に有害物質として作用する因果関係は、一般的に以下のとおりとされている。

- 寿命を迎えた電気電子機器の廃棄・埋立
- 大気汚染を原因とする「酸性雨」の増大
- 「はんだ」中に37%含まれる「鉛」が酸性雨により溶出
- 地下水・河川の汚染
- 飲料水、食物連鎖から人体摂取 → 体内蓄積
- 人体機能障害（知能指数の低下など）

上記のとおり、鉛の人体への有害性を受け、電気電子機器に使用される「はんだ」について、鉛の含有を規制する動きについて、次に述べる。

2.2 はんだの鉛規制に関する世界の動き

はんだに含まれる鉛について、現時点で公表されている公的機関の鉛規制の動きは、以下のとおりである。

2.2.1 EU

廃電気電子機器に関するEU指令(WEEE 注(1))
→ 2006年1月 電子機器の鉛使用を禁止(草案)
・・・EU議会で最終投票し、2002年指令成立の見込み

2.2.2 USA

1990年 0.1%以上鉛を含有するはんだの使用規制(電子機器業界は対象外)法案が提出されたが、未成立。以後、規制の動きは無い。

しかし、日欧の鉛フリー化の動きを受け、1999年5月よりNEMI Task Force注(2)が、2004年に鉛使用の全廃を目指し、鉛フリー実装技術の開発を行っている。

2.2.3 日本

1998年6月 廃棄物の処理などについての施行令改正
→ 鉛含有廃棄物の処分場への廃棄制限を設ける
2001年4月 家電リサイクル法施行
→ 廃棄鉛に対する管理の強化を実施

2.3 主要メーカーの鉛フリーはんだ切替スケジュール

次頁[表1](#)に主要メーカーの鉛フリーはんだ切替スケジュールを挙げる。

表1より、平均的な鉛フリーはんだ切替(鉛全廃)スケジュールは、次のとおりとなる。

- (1) 第1ステップ
社内製造工程で使用するはんだの鉛フリー化
→ 2002年4月 または2002年度中に完全実施
- (2) 第2ステップ
購入部品リード(電極)めっきの鉛フリー化
- (3) 第3ステップ
購入部品内部使用はんだの鉛フリー化
→ 2004年1月 実施

2.4 当社の鉛フリーはんだ切替スケジュール

当社は、鉛規制に関する世界状況、および主要メーカ各社の鉛フリー切替スケジュールを参考とし、2000年1月にスケジュールを立案、2000年4月に以下のとおり、方針が決定された。

(1) 第1ステップ

社内製造工程で使用するはんだの鉛フリー化

→ 2002年4月 はんだ付け工程生産着手分より実施

(2) 第2ステップ

購入部品(電極めっき、内部はんだ)の鉛フリー化

→ 2004年1月 購入部品の95%以上を目標

注(1) WEEE : Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment

注(2) NEMI : The National Electronics Manufacturing Initiative

3. 鉛フリーはんだ合金の種類と方向

3.1 鉛フリーはんだの種類と留意点

前頁表2に各種鉛フリーはんだの合金組成と、それぞれの特徴を示す。鉛フリーはんだについては、一部の従来から使われていた高温用または低温用鉛フリーはんだ材料を除き、現時点では規格化がされていない。

鉛フリー各プロジェクトまたは研究機関が公表している、鉛フリーはんだの種類と留意点(長所と短所)をまとめると、表3 のとおりとなる。

3.2 鉛フリーはんだ合金の方向

各国機関が推奨する鉛フリーはんだの合金組成は、表4 のとおりである。部品のめっき材質が63Sn-37Pb (鉛含有共晶はんだ)でも、はんだ付けにより界面強度の低下を起こさない、Sn-Ag-Cu系 が、主流になりつつある。

注(3) リフトオフ(Lift-off/Fillet-lifting) : フローはんだ付け工法にて起こる、スルーホール基板の銅箔ランドと、はんだフィレットの界面に発生する、界面剥離現象([図1](#)参照)

表3 鉛フリーはんだの種類と留意点

分類	合金種類(代表例)	長所	短所
Sn-Ag(-Cu)系	Sn-3.0Ag-0.5Cu	<p>1. JEIDA推奨品でもあり、信頼性データ豊富。大手電機メーカーの大半がこのはんだを選択</p> <p>2. 部品電極めっきがSn-Pbはんだでも問題なし(鉛フリー過渡期に有効)</p> <p>3. クリープ、温度サイクルなど合金の基礎強度は、鉛含有共晶はんだより優れる</p>	<p>1. 部品のはんだ耐熱に注意が必要(融点が鉛含有共晶はんだに対し36°C上がる)</p> <p>リフロー: 230°C Peak → 250~260°C Peak 必要</p> <p>2. Agの配合比率高いため、材料コストがアップ (2倍強)</p> <p>3. フロー: Sn-Pb部品めっきとの組合せにより、若干リフトオフ 注(3)が発生</p> <p>4. むれ性は、鉛含有共晶はんだより若干劣る</p>
	Sn-3.5Ag	上記2項、3項と同様	
	Sn-(2~4)Ag-(1~6)Bi-(1~3)In	<p>1. 融点が鉛含有共晶はんだと近似のため、部品のはんだ耐熱問題なし</p> <p>2. Agの配合比少ないものは、コスト優位</p>	<p>1. リフロー: Biを4%以上含有するはんだは、部品リードめっきよりPb混入すると、界面強度低下有り</p> <p>2. フロー: Biを3%以上含有するはんだは、Sn-Pb部品めっきとの組合せにより、スルーホール基板はリフトオフが多発</p>

Sn-Cu系	Sn-0.7Cu-0.3Ag	フロー:Agの配合比が低いため、コスト優位(フローはんだ槽に向く)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 部品のはんだ耐熱に注意が必要(融点が鉛含有共晶はんだに対し44°C上がる) 2. フロー:Sn-Pb部品めっきとの組合せにより、若干リフトオフが発生 3. ドロスの発生がSn-3.0Ag-0.5Cuに比べ多い 4. スルーホールのぬれ上がりがSn-3.0Ag-0.5Cuに比べ悪い
	Sn-0.7Cu+若干のNi(Au, In, Ge)		
Sn-Zn系	Sn-9Zn	<ol style="list-style-type: none"> 1. コスト優位(Sn-Cu系と同格) 2. 融点が198°Cと鉛含有共晶はんだと近似のため、部品のはんだ耐熱問題ない 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非常に酸化しやすいため、取り扱いに気を使う 2. 腐食(特にCl)に弱い 3. リフロー:印刷性が悪い
	Sn-8Zn-3Bi		
Sn-Bi系	Sn-57Bi-1Ag	鉛含有共晶はんだより融点低い	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sn-Pb部品めっきとの相性(界面強度低下、リフトオフ)は、Sn-Ag-Bi-Inはんだと同様 2. 接合強度の信頼性が、他の鉛フリーはんだに対し劣る 3. Biは資源希少
	Sn-58Bi		

表4 各国機関が推奨する鉛フリーはんだの組成

国名	機関 (プロジェクト)名	推進組成	適用工法		
			リフロー	フロー	手付け
EU	IDEALS	Sn-3.8Ag-0.7Cu	○		
	SOLDETEC	Sn-(3.4-4.1)Ag-(0.45-0.9)Cu	○	○	○
USA	NEMI	Sn-3.9Ag-0.6Cu	○		
日本	JEIDA	Sn-3.0Ag-0.5Cu	○	○	

4. 当社の鉛フリーはんだ切替方針

4.1 鉛フリーはんだ材料の選定

以上の各種鉛フリーはんだの組成と特性を元に、当社は表5に示す鉛フリーはんだ材料を候補とし、工法決定のための実験を実施中である。

表5 対象製品とはんだ材料・工法

対象製品	はんだ材料・工法		
	クリームはんだ	フローはんだ	やに入りはんだ
ファンモータ	はんだ合金: Sn-3.0Ag-0.5Cu フラックス等級:RMA 大気リフロー	はんだ合金: Sn-3.0Ag-0.5Cu (または Sn-0.7Cu-0.3Ag) フラックス等級:RA以上 大気フロー	はんだ合金: Sn-3.0Ag-0.5Cu フラックス等級:JIS A級以上 やに配合量:F3
ステッピングモータ	—	—	—
センサー	—	—	—
サーボアンプ	はんだ合金: Sn-3.0Ag-0.5Cu フラックス等級:RMA 低残渣	はんだ合金: Sn-3.0Ag-0.5Cu (または Sn-0.7Cu-0.3Ag) フラックス等級:RMA 大気フロー (または 窒素リフロー)	はんだ合金: Sn-3.0Ag-0.5Cu フラックス等級:RMA やに配合量:P3
ステッピングモータドライバ	—	—	—
無停電電源	—	—	—

4.2 現状の課題と対策

現時点での技術的問題点と対策の方向を、以下にまとめる。

- (1) 大気フローはんだ付けで、ドロスとブリッジの発生が多い。→ フラックスの検討と、窒素フローはんだ付けの検討。
- (2) 現有のリフロー炉では、リフローゾーンの温度プロファイルが、チップ型アルミ電解コンデンサなど、熱に弱い部品の耐熱限界を超えてしまう。→ ゾーン数を増やした、リフロー炉導入の検討。
- (3) サーボアンプなどでは基板にコーティングを行っているが、リフロー後の残渣膜が剥がれにくく、かつ信頼性の高いフラックスを用いたクリームはんだが、容易には見つからない。→ 更なるクリームはんだの検討。
- (4) 鉛フリーはんだは、鉛含有共晶はんだに比べ、ぬれ性が劣る。→ クリームはんだ、またはフラックスの選定と、窒素リフロー／フローの検討。

5. むすび

以上、サーボシステムの環境適合技術の一例として、当社が現在取り組んでいる、「鉛フリーはんだ付け技術」について述べてきた。当社の「鉛フリーはんだ付け技術」は、来年4月量産開始を目標に、今まさに技術確立の正念場を迎えている。まだ解決すべき課題は多いが、「鉛フリーはんだワーキンググループ」および事業部が一丸となり、鋭意取り組んで行く所存である。

文献

- (1) 日経Bord Guide'99冬号, 日経産業新聞H10.7.3, 各社ホームページなど
- (2) 日経エレクトロニクス, 2000.12.4号, pp152, 155 など
- (3) 須賀唯知 編著:「鉛フリーはんだ技術」, 日刊工業新聞社, pp122 (1999)

荒井 則雄

1983年入社

サーボシステム事業部 設計第2部

部品技術、生産技術を経て、サーボアンプの生産技術全般に従事。

孫竹 周作

1996年入社

サーボシステム事業部 生産第2部 生産技術課

部品技術を経て、サーボアンプの実装技術開発に従事。

メーカー	対象製品/方針	2001年				2002年				2003年				2004年	
		1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月
松下電器グループ	MDプレーヤ	(1998.1)													
	VTRデッキ	(1998.12)													
	パナサート	(2000.12)													
日立グループ	松下グループで全廃(購入部品を含む)														
	VCR、冷蔵庫の一部	(1998.1)													
	ノートPC	(2000~)													
	日立社内全廃(海外生産と購入品を除く)														
NEC	日立グループ内全廃														
	ポケベル	(1998.12)													
	ノートPC	(1999.1)													
	使用量を半減(対1997年)		→												
SONY	全廃														
	VCR	(2000.3)													
	TV、ノートPC	(2000.1)													
	全廃(国内生産・購入部品を含む)														
三菱電機	全廃(海外生産を含む)														
	半減(家電4製品)														(2004年度)
富士通	全廃														(2005年度)
	プリント回路板の半減					→									
セイコーエプソン	全廃														
	全廃(部品内部のはんだは除く)														
日産自動車	キーレスエントリー	(2000.8)													
村田製作所	部品電極														
	部品内部														

表1 主要メーカーの鉛フリー切替スケジュール (1)

合金組成	固相-液相(°C)	特徴	コスト比率	採用メーカ	対象製品
63Sn-37Pb	183	従来の鉛含有 共晶はんだ	基準=1.0		
Sn-0.7Cu-0.3Ag	217-227	フロー用。Agの配合比率少なくコスト重視(千住品番 M35)	1.4	—	—
Sn-0.7Cu-Ni(若干)	217-227	フロー用。Sn/Ag系のコスト半分。日本スベリアと共同開発	1.2	松下電器産業	据置型VTR、大気フロー
Sn-1.5Ag-5Cu-1Bi	201-218	リフロー用。信頼性は従来品と同レベル	1.9	シャープ	—
Sn-2.5Ag-0.8Cu-0.5Sb	213-218	4元のため、組成の管理難しい	1.8	—	—
Sn-2.5Ag-1Bi-0.5Cu	214-223	SONY合金と呼ばれる。SONYは'01.5より Sn-3.0Ag-0.5Cuに切替	1.9	SONY	デジカム、ノートPC
Sn-2.8Ag-15Bi	193-203	低温系。実使用温度100°C以下	1.9	日立製作所	大型計算機モジュール
Sn-2.8Ag-20In	179-189	Inの安定供給不安とコスト高	7.6	—	—
Sn-2Ag-0.7Cu-3Bi	205-218	4元のため、組成の管理難しい	1.8	富士通、NEC	—
Sn-2Ag-3Bi	205-218	融点低いが温度許容範囲狭く、濡れ性も悪い。リフロー用	1.8	松下電器産業	MDプレーヤ
Sn-3.0Ag-0.5Cu	217-219	リフロー/手はんだ用 (JEIDA推奨・千住品番 M705・特許対策)	2.0	松下、セイコエプソン、SONY、NECほか多数	—
Sn-3.5(3-5)Ag-0.75(0.5-3)Cu	217-219	耐熱疲労良好。千住-松下共同開発/lowa大学特許と範囲重複	2.1	松下電器産業、日産	キーレスエントリー
Sn-3.5Ag	221	「JIS Z 3282 はんだ」に規格有り。共晶はんだ。	2.1	—	—
Sn-3.5Ag-0.75Cu	217-219	リフロー/フロー/手付け共可。フロー:ドロス発生しやすい	2.1	NEC	携帯端末
Sn-3.5Ag-1.1Cu	216	リフロー用	2.1	シャープ	—
Sn-3.5Ag-1.5In	218	Inの安定供給不安	2.4	—	—
Sn-3.5Ag-4.8Bi	205-210	リフトオフ発生の可能性が大	2.5	—	—
Sn-3Ag-0.7Cu	217-219	高融点タイプ。信頼性は従来はんだと同等以上。	2.0	日立製作所	掃除機、洗濯機
Sn-3Ag-10Bi	178-212	リフロー用	1.9	シャープ	—
Sn-58Bi	139	「JIS Z 3282 はんだ」に規格有り。共晶はんだ。低融点タイプ	1.4	富士通	—
Sn-5Sb	235-240	「JIS Z 3282 はんだ」に規格有り。	1.2	—	—
Sn-5Zn-10Bi	168-190	濡れ性劣る	1.2	—	—
Sn-7.5Bi-2Ag-0.5Cu	213-218	アロイH。鉛フリーはんだの基本	1.8	—	—
Sn-8Zn-3Bi	186-197	融点が従来の共晶はんだに近い。はんだメーカ:昭和電工	1.6	NEC(新潟)、富士通、シャープ、ビクター	デジカム、ノートPC
Sn-9Zn	199	濡れ性劣る。N2リフロー用	1.2	東芝	—

表2 各種鉛フリーはんだの組成と特徴 (2)

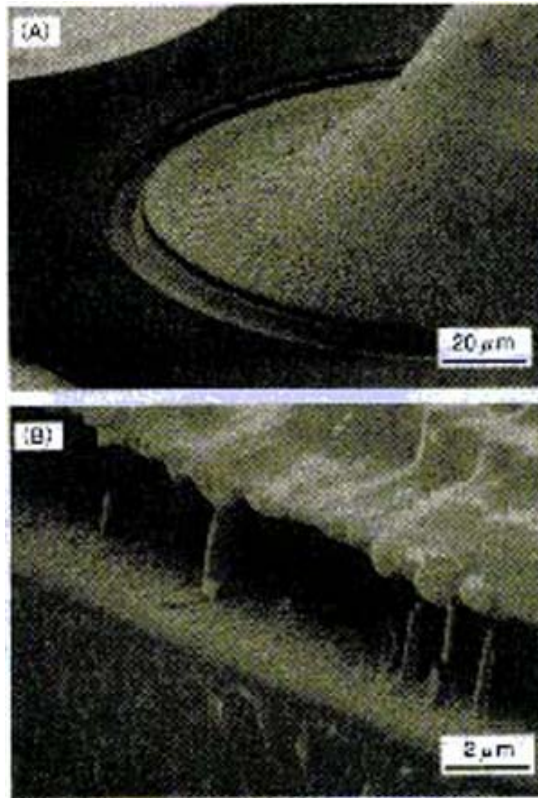


図1 リフトオフ (3)