

マイクロ接合実装品 (材料編) —Pbフリーはんだ材料—*

鶴田 加一**



Micro Joining Package (Materials)
—Pb Free Soldering Materials—*

by TURUTA Kaichi**

キーワード Pbフリーはんだ, フラックス, ソルダペースト, ハロゲンフリー, 噴流はんだ付, ヤニ入はんだ

1. はじめに

はんだ付の歴史は古く、その起源は紀元前約3,500年前の青銅器時代までさかのぼるとされており、ローマ遺跡からSn-Pb系の「はんだ」も発掘された為、西暦300年頃には、一般に金属と金属を接合する役目をしていたと考えられている。今日では、我々の生活の隅々まで普及しているエレクトロニクス製品製造に欠かせない接合技術として広く使用されており、「もっとも古く、もっとも新しい接合技術」とも言われている。はんだ付はろう付と比べ低い温度で簡単に電子部品を接合でき、以下に示すように多くの利点があるため、エレクトロニクス製品の部品接合技術として、広く採用されている。

はんだ付の利点

- ・溶接と比較して低コスト
- ・母材を溶かさずに接合ができるため、母材の材質変化や寸法変化が少ない
- ・低い温度での接合が可能であるため、基板や部品に対するダメージが少ない
- ・異種母材の組み合わせの接合が可能
- ・電気や熱の伝導率が高い
- ・接合部の補修、再接合が可能
- ・軽薄短小の高密度実装、多数箇所同時接合への対応が可能
- ・機械的接合と電気的接合、気密性の確保が同時に実現
- ・こて付法、フロー法、リフロー法など多様なはんだ付が選択可能

はんだとは、融点450℃未満の融点を持つろう接用材を言い、軟ろう (Soft solder) とも呼ばれる。母材より融点の低いろう材またははんだを用いて継ぎ手とぬれ

現象及びすきまの毛細管現象を利用し、母材をできるだけ溶融しないで接合する方法をろう接と言うが、はんだを用いたろう接をはんだ付と言う。

エレクトロニクスのはんだ付に用いるはんだは、電子部品と基板のランドの接合の場合のように、母材とはんだとの間でそれぞれの金属が拡散し金属間化合物を形成してぬれ広がること、部品や基板の耐熱温度以下ではんだ付できること、および、電気的・機械的接合信頼性に優れることが要求される。これらを満足するはんだ材料としてSnを主成分としたはんだ合金が選ばれている。Snは、融点231.9℃、熱伝導率(0.15 cal/sec・cm・℃, 0℃)、線膨張率(19.9x10⁻⁶ deg⁻¹, 0℃)、電気抵抗(11.1μΩ/cm³, 0℃)¹⁾の元素であり、展延性に優れ、加工性が良く、耐食性もあり、部品や基板に使用されるCu, Ni, Au, Agなどの金属材料と表1に示すようなさまざまな金属間化合物を形成してぬれ広がることできる。図1にNiめっきとSn-3Ag-0.5Cuはんだとのはんだ付部界面のSEM写真を示すが、母材金属とはんだとの界面にSnとNiの金属間化合物による合金層が形成され

表1 はんだとベース金属との金属間化合物

はんだ成分 ベース金属	Sb	Bi	In	Pb	Sn
Cu	Cu ₁₃ Sb ₃ Cu ₂ Sb	-	Cu ₃ In ₄ CuIn ₂ Cu ₂ In ₃	-	Cu ₃ Sn Cu ₅ Sn ₅
Au	AuSb ₂	Au ₂ Bi	AuIn Au ₅ In ₄ Au ₂ In AuIn ₂	Au ₂ Pb AuPb ₂	Au ₅ Sn AuSn AuSn ₂ AuSn ₄
Ni	Ni ₁₅ Sb Ni ₅ Sb Ni ₇ Sb ₃ NiSb NiSb ₂	NiBi NiBi ₃	Ni ₃ In NiIn NiIn ₃ Ni ₂ In Ni ₃ In ₇	-	Ni ₃ Sn Ni ₃ Sn ₂ Ni ₃ Sn ₄
Ag	Ag ₅ Sb ₃ Ag ₅ Sb	-	Ag ₃ In Ag ₂ In AgIn ₃	-	Ag ₅ Sn Ag ₃ Sn

*原稿受付 平成23年7月6日

**千住金属工業(株) 開発技術部ハンダR&Dセンター

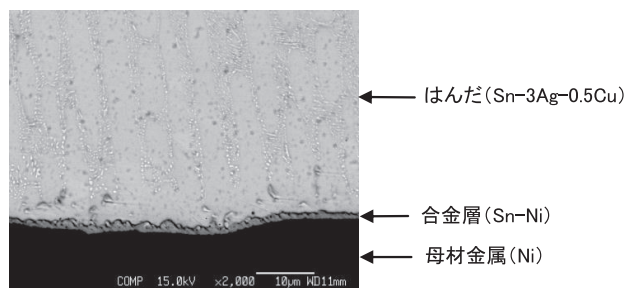


図1 はんだ付部の構造

表2 Pbフリーはんだ (JIS Z 3282_2007 はんだ)

合金系	合金種類	記号		熔融温度 °C		比重	
		1	2	固相線	液相線		
高温系	Sn-Sb	Sn95Sb5	Sn95Sb5	S50	238	241	7.3
	Sn-Cu	Sn97Cu3	Sn97Cu3	C30	227	309	7.3
		Sn99.3Cu0.7	Sn99.3Cu0.7	C7	227	228	7.3
	Sn-Cu-Ag	Sn92Cu6Ag2	Sn92Cu6Ag2	C60A20	217	373	7.5
		Sn95Cu4Ag1	Sn95Cu4Ag1	C40A10	217	335	7.4
Sn99Cu0.7Ag0.3		Sn99Cu0.7Ag0.3	C7A3	217	226	7.3	
中高温系	Sn-Ag	Sn95Ag5	Sn95Ag5	A50	221	240	7.4
		Sn97Ag3	Sn97Ag3	A30	221	222	7.4
		Sn96.3Ag3.7	Sn96.3Ag3.7	A37	221	221	7.4
	Sn-Ag-Cu	Sn96.5Ag3.5	Sn96.5Ag3.5	A35	221	221	7.4
		Sn96.5Ag3Cu0.5	Sn96.5Ag3Cu0.5	A30C5	217	219	7.4
		Sn95.5Ag4Cu0.5	Sn95.5Ag4Cu0.5	A40C5	217	219	7.4
		Sn95.8Ag3.5Cu0.7	Sn95.8Ag3.5Cu0.7	A35C7	217	217	7.4
		Sn95.5Ag3.8Cu0.7	Sn95.5Ag3.8Cu0.7	A38C7	217	217	7.4
中温系	Sn-Ag-Bi-Cu	Sn96Ag2.5Bi1Cu0.5	Sn96Ag2.5Bi1Cu0.5	A25B10C5	213	218	7.4
		Sn92In4Ag3.5Bi0.5	Sn92In4Ag3.5Bi0.5	N40A35B5	207	212	7.4
	Sn-In-Ag-Bi	Sn88In8Ag3.5Bi0.5	Sn88In8Ag3.5Bi0.5	N80A35B5	196	206	7.4
中低温系	Sn-Zn	Sn91Zn9	Sn91Zn9	Z90	198	198	7.4
	Sn-Zn-Bi	Sn89Zn8Bi3	Sn89Zn8Bi3	Z80B30	190	196	7.4
低温系	Sn-Bi	Bi58Sn42	Bi58Sn42	B580	139	139	8.7
	Sn-In	In52Sn48	In52Sn48	N520	119	119	7.7

不純物規格(最大値、質量%)
 Ag:0.10, Au:0.05, Cu:0.05, Ni:0.01, Al:0.001, Bi:0.10, Fe:0.02, Pb:0.10, Zn:0.001, As:0.03, Cd:0.002, In:0.10

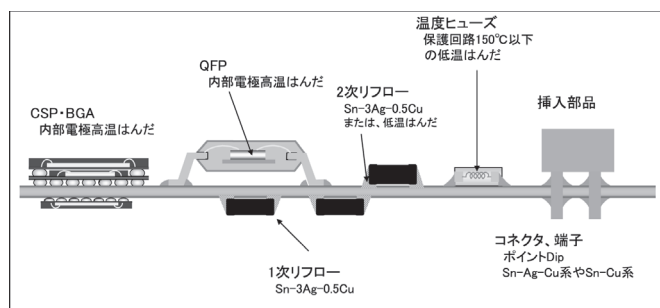


図2 はんだ付例

ているのが観察される。はんだは主にこの Sn をベースに Pb, Ag, Cu, Bi, Sb, In, Zn, Ni, Ge, P などを構成成分とした合金である。

はんだの種類は大きく分けて Pb 含有はんだと Pb フリーはんだの 2 種類に分類されるが、Pb フリーはんだは 2007 年に施行された EU RoHS に代表される環境負荷物質規制の全世界的な流れを受けて日本が世界に先駆けて開発、標準化したはんだで、今日では一部の代替困難な分野で使用される Pb85% 以上の高温はんだを除いてほぼ Pb フリーはんだに置き換わっている。表 2 に Pb フリーはんだの種類を示す。

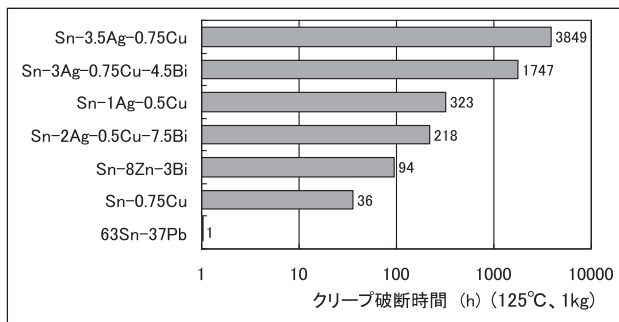
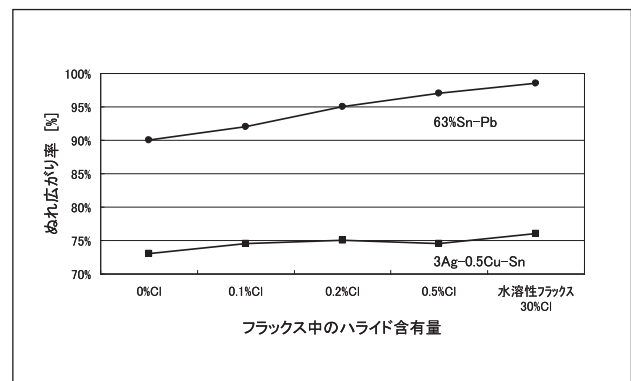
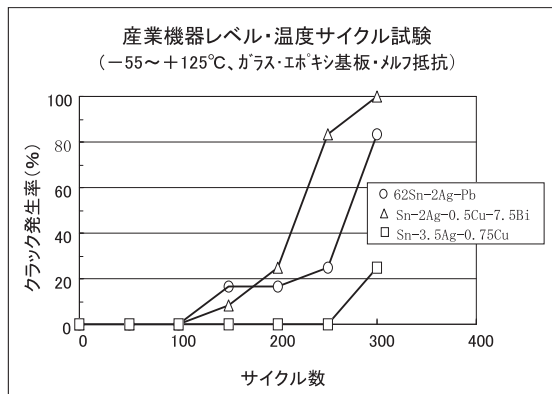
2. 適用材料とその特性

2.1 はんだ

はんだ付部の電氣的・機械的信頼性を担う中心材料であり、母材金属に良くぬれ、はんだ付後の接合部の信頼性の高いはんだを選定する。その形状は、はんだ付工法に合わせ線、棒、粉末、ボール、プリフォーム、やに入り、ソルダペーストなどがある。図 2 にこれらのはんだ材料を用いたはんだ付例を示す。鉛フリーはんだの一般的特徴は Pb 含有はんだに比べ、融点が高いこと、表 3 や図 3、図 4 に示すように Pb 含有はんだに比べ機械的強度やクリープ特性、熱疲労特性が高い反面、伸びが小さいこ

表3 Pbフリーはんだ機械的特性試験結果³⁾

合金組成	比重 (g/cm ³)	熔融温度(°C)		引張強度 (MPa)	伸び (%)	ヤング率 (GPa)	0.2%耐力 (MPa)	線膨張係数 (ppm/°C)	熱伝導率 (W/m・K)
		固相線	液相線						
Sn-5Sb	7.3	240	243	39.2	50	45.4	30.9	22.8	48.1
Sn-0.75Cu	7.3	227	229	32.2	50	34.0	21.7	22.6	
Sn-0.3Ag-0.7Cu	7.3	217	227	37.3	50	37.5	25.0	21.8	
Sn-3.5Ag	7.4	221	223	41.0	58	44.1	36.6	22.2	62.8
Sn-3.5Ag-0.75Cu	7.4	218	219	53.0	47	45.1	38.0	21.3	64.4
Sn-1Ag-0.5Cu	7.3	217	227	45.2	46	37.0	28.1	20.9	62.0
Sn-2Ag-0.75Cu-3Bi	7.4	207	218	77.4	34	46.2	49.3	22.1	
Sn-3Ag-0.5Cu	7.4	217	220	53.3	46	41.6	39.4	21.7	64.2
Sn-3Ag	7.4	221	222	45.9	44	42.0		21.1	
Sn-3.9Ag-0.6Cu	7.4	217	226	47.7	38	42.6	32.3	21.7	64.1
Sn-9Zn	7.4	198	214	56.5	63	38.8		24.2	
Sn-7.5Zn-3Bi	7.4	190	197	84.2	40	36.2	21.4	20.3	
Sn-58Bi	8.7	139	141	76.5	27	33.0		15.4	
Sn-2Ag-0.5Cu-7.5Bi	7.5	189	213	106.4	20	41.6	55.6	21.5	
Sn-57Bi-1Ag	8.6	138	204	84.1	40	25.3		17.5	
63Sn-37Pb	8.4	183	183	57.3	50	27.3	45.9	23.5	54.1

図3 Pbフリーはんだのクリープ特性³⁾図5 PbフリーはんだとPb含有はんだのぬれ広がり性比較³⁾図4 はんだの耐温度サイクル性比較⁴⁾

と、はんだのぬれ広がりが小さいこと(図5)があげられる。以下に代表的なPbフリーはんだの特徴を示す。

2.1.1 Sn-Ag-Cu系合金の特徴

フロー・リフローはんだ付用として広く使用されており、次のような利点と課題を有している。

(A) 利点

- 耐熱信頼性(熱疲労・クリープ)が高い
- 熔融温度幅(固相~液相)が狭い
- あらゆる供給形状可能(棒, ソルダペースト, ヤニ入り, ボール, プリホーム等)
- Pb含有めっきによる悪影響が少ない

(B) 課題

- 熔融温度がSn-Pb共晶よりも約30°C高い

ii. Sn-Pb共晶よりもぬれが劣る

iii. 徐冷時の表面シワや引け巣(外観の問題)

このうち、Sn-3Ag-0.5Cuはんだはその信頼性の高さ、作業性の良さから現在では日本で使用されるPbフリーはんだの約80%を占めている。しかし、近年のAgなどの地金価格の大幅上昇を受けてJEITAでは低AgタイプのPbフリーはんだとして信頼性とコストの双方を満足するSn-1Ag-0.5Cu系やSn-0.3Ag-0.7Cu系はんだを開発し、はんだ使用量の多いフローはんだ付で主に採用されている。

2.1.2 Sn-Cu系合金の特徴

主にフローはんだ付用に使用される。

(A) 利点

- 棒はんだでは地金コストが安価(Agを含まないため)
- 徐冷時の表面シワや引け巣が少ない

(B) 課題

- 熔融温度がSn-Ag-Cuよりも約10°C高い
- Sn-Ag-Cuよりもぬれ性が劣る
- 耐熱信頼性がSn-Pb共晶より低いという報告あり
- Pb含有めっきの悪影響(熱間割れ)

2.1.3 Sn-Ag-In(-Bi)系合金の特徴

主にリフローはんだ付用に使用される。

(A) 利点

表4 はんだ不純物の影響²⁾

元素	添加量 %	効果		
		ぬれ性、はんだの酸化	機械的性質	その他
As	0.005 0.06	黄銅に対してぬれ性低下 はんだ表面がザラザラになる		地金中のAsを管理する必要がある 許容限0.03%
Au	0.5以上 4以上	流動性低下	ぜい性破壊しやすくなる	2.5%までははんだ付性に影響なし
Bi	0.2 0.5 2 10	ぬれ性が少し低下 表面の光沢がなくなる。青白く変色	伸びが低下	3%以下なら、ぬれ性に顕著な悪影響はない つやがなく目視検査が容易となる
Cu	0.1 0.2 0.3	ぬれ性が急激に低下 フローソルダーリングでブリッジ多発 ソルダ表面がザラザラになる	強くなる	許容限:0.3%、望ましくは0.25%以下
Fe		溶融はんだへの溶解度が小さいので ぬれ性への影響はほとんどない		固溶すると表面がざらつく 鉄製はんだ槽を425°C以上にすると溶け込む
P	0.01以上 0.1以上	ディウェティングを引き起こす Cu基板の場合、ジャリジャリした表面		微量添加でははんだ浴の酸化防止効果がある
Sb	0.3 3以下	広がりが少し低下 ぬれ時間と張力も少し低下	機械的性質改善効果あり	通常0.5%まではその効果が明確でない 3%SbではSnSbが生じ硬くなる
Zn	0.001 0.01	流動性低下、光沢の減少が見られる 流動性低下、光沢の減少が顕著 はんだ表面を酸化、ブリッジなつら の原因となる		脆い樹枝状晶を示す 許容値0.005%

- i. Sn-Ag-Cu に比べて低融点化が可能
 - ii. 8In でリフロー温度が Sn-Zn 系に近くなる
- (B) 課題
- i. コストアップ (In 高価)
 - ii. 溶融温度幅 (固相～液相) が広がる
 - iii. Pb 含有めっきの悪影響 (リフロー・フロー SMT 剥離)
 - iv. 8In の温度サイクル試験はんだ異常変形

2.1.4 微量添加元素による効果

はんだ中に意図的に P, Ni, Ge, Ga などの元素を微量添加することで、これらの添加元素の持つ性能をはんだに付加することが可能である。例えば、P, Ge, Ga などは酸素との親和性が高いため、溶融はんだ表面ではこれらの元素が表面に濃化し保護膜を形成するため、内部のはんだの酸化を防ぐ効果があり、フローはんだ付におけるドロス発生量の低減に利用されている。ただし、時間とともにこれらの元素は揮発したり、酸化してドロスとなり効果が減少してしまうため、その濃度を常にコントロールする必要がある。また、これらの添加剤には適切な濃度範囲があり、過剰に添加すると悪影響が出ることがある。例えばPが過剰に添加されるとはんだの表面張力が高くなりフローはんだ付でブリッジが多く発生することがある。NiはCuと結合しやすい性質があり、数十ppmから数百ppm添加するとフローはんだ付の際にCuランド表面に濃化し、SnによるCuランドの溶解を低減させる。ただし、Niを過剰に添加するとはんだの融点が増しはんだの流動性が悪くなり、ブリッジなどはんだ付不良の原因となることがある。

2.1.5 はんだの不純物管理

はんだ中の不純物は、表4に示すようにその種類や濃度によってははんだ付性や外観、融点、機械的強度などに影響を与えることから、表に示すようなはんだ中の不純物含有量の上限が規定されている。また、フローはんだ付の場合は、基板のランド材質であるCuや電極材質やめっき成分がはんだ中に溶解蓄積し、一定濃度以上になるとはんだ付不良を引き起こすことがある。これを防止するため表5に示すような元素ごとの管理濃度を設け、

表5 Pbフリーはんだ浴中の元素濃度管理推奨値

主成分	管理濃度推奨値
Cu	0.4~1.0%
Ag	添加量±0.1%
Ni	添加量±0.01%
P	0.001~0.005%
不純物	管理濃度推奨値
Pb	0.1%以下
Bi	1%以下
Ni	0.04%以下
Fe	0.02%以下

はんだ槽中のはんだの不純物濃度がこの値を超えないようにモニターし、必要に応じてはんだの交換や新しいはんだで希釈するなどの対策を行う。特に、Cuランドから溶出するCuは1%を超えるとのはんだの融点が増し、はんだ表面がザラザラし、ブリッジを引き起こしやすくなるので注意が必要である。また、Pbの混入はSn-Pbめっき部品の使用が原因となる場合が多いのでPbフリーめっき部品に変えることが必要である。

2.2 フラックス

フラックスとは、はんだ付する際に基板ランドや部品電極表面およびはんだ自身の表面酸化皮膜を除去し、はんだのぬれ性を確保するために使用される補助材料である。その形状は、使用されるはんだ付方法に応じて、液状、固体、ペースト状などがある。また、やに入りはんだやソルダペーストのようにはんだとフラックスが混じり合ったはんだ製品もある。その構成材料は、ロジンなどの主剤、溶剤、活性剤、その他の添加材からなるが、Pbフリーはんだ付では、前述したようにPbフリーはんだの融点が高いのと、はんだのぬれ広がりが低いため、耐熱性に優れ、はんだのぬれ性を改良したフラックスを使用することが一般である。

2.2.1 フラックスの基礎反応

図6に示すようにフラックスの主な作用は次の3つである。

- ・金属表面清浄作用
- ・再酸化防止作用
- ・溶融はんだの表面張力低下作用

2.2.2 活性について

金属表面酸化皮膜を除去する作用のあるアミンのハロ

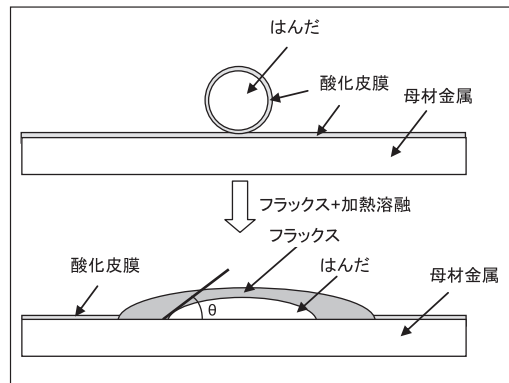


図6 フラックス作用

表6 J-STD-004 によるフラックスのクラス分け

Flux Identification System (J-STD-004, Requirements for Soldering Fluxes)

Flux Composition	Flux/Flux Residue Activity Levels	% Halide (by weight)	Flux Type	Flux Designator
Rosin (RO)	Low	<0.05%	L0	ROL0
		<0.5%	L1	ROL1
	Moderate	<0.05%	M0	ROM0
		0.5-2.0%	M1	ROM1
	High	<0.05%	H0	ROH0
		>2.0%	H1	ROH1
Resin (RE)	Low	<0.05%	L0	REL0
		<0.5%	L1	REL1
	Moderate	<0.05%	M0	REM0
		0.5-2.0%	M1	REM1
	High	<0.05%	H0	REH0
		>2.0%	H1	REH1
Organic (OR)	Low	<0.05%	L0	ORL0
		<0.5%	L1	ORL1
	Moderate	<0.05%	M0	ORM0
		0.5-2.0%	M1	ORM1
	High	<0.05%	H0	ORH0
		>2.0%	H1	ORH1
Inorganic (IN)	Low	<0.05%	L0	INL0
		<0.5%	L1	INL1
	Moderate	<0.05%	M0	INM0
		0.5-2.0%	M1	INM1
	High	<0.05%	H0	INH0
		>2.0%	H1	INH1

ゲン化水素酸塩，有機酸，アミン，有機ハロゲン化合物などの化学材料で，活性剤とも呼ばれる。通常，プリヒート温度から徐々に活性が発揮され，リフロー温度まで持続する。活性剤の活性力のはんだ付温度が高いほど強くなる傾向がある。一般に活性が強いとのはんだ付性も高いが，絶縁抵抗が低くなる傾向がある。表6はフラックスの活性度のクラス分けとしてしばしば参照されるIPC J-STD-004を示す。ハライド含有量によって大きくHigh, Moderate, Lowの3クラスに分類される。

L = low or no flux/flux residue activity

M = moderate flux/flux residue activity

H = high flux/flux residue activity

通信情報機器や車載関係ではRMA (Rosin Mild Activated) タイプのハライド含有量の少ないフラックス (ROL0やROL1) が使用されることが多い。

2.2.3 はんだ付性評価および合否基準

フラックスのはんだ付性を評価する基本的な評価方法は，JIS Z 3197に規定されており，はんだ広がり試験とウェティングバランス法の2つがある。はんだ広がり試験はCu板上ではんだをぬれ広げさせ，そのぬれ広がり率を測定するものであり，ウェティングバランス法はフ

ラックスを塗布した試験片を溶融はんだ中に浸漬し，試験片へのはんだのぬれ上がりスピードを測定するものである。また，実際のエレクトロニクス製品製造工程におけるはんだ付性の合否判定基準はIPC-A-001, Acceptability of Electronic Assembliesに写真や図を用いた合否基準が規定されている。また，独自のはんだ付性の合否判定基準を採用しているところもある。

2.2.4 ハロゲンフリーフラックス

電気製品の廃棄に関し，プリント基板やケーブル，電子部品などを燃焼処理する際に，これらに含まれる化学材料のうちBFR (Brominated flame retardants) やCFR (Chlorinated flame retardant) などの塩素系，臭素系の難燃材がダイオキシンを発生する可能性がある指摘されており，これらを含まないLow Halogen Electronicsの要求が出てきており，フラックスにおいてもハロゲン化合物を含まないハロゲンフリーフラックスの要求が出てきている。フラックス中のハロゲン含有量は，フラックス中の固形分に対するハロゲン含有量で示され，その測定は，フラックスを燃焼させ，発生するハロゲンイオンを吸収液に吸収させ，イオンクロマトグラフでその濃度を測定する。ハロゲンフリーフラックスの

閾値は日本では JEITA ET 7304ハロゲンフリーはんだ材料の定義に F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻ イオンとも各 1,000ppm 未満をハロゲンフリーと定義している。また、独自基準を設けているところもあり、それぞれの要求に合わせたハロゲンフリーはんだ製品が開発されている。

2.3 ソルダペースト

ソルダペーストとは、はんだ粉とソルダペースト用フラックスを均一に混練しペースト状にしたもので、主に表面実装はんだ付に使用される。その使用方法は、基板ランド部にソルダペーストをあらかじめ印刷またはディスペンサー吐出により供給し、部品をマウントまたは挿入し、リフロー炉などでソルダペーストを加熱溶融しはんだ付する。電子機器の軽薄短小化に合わせて近年その応用が広がっており、#0205や#0308などの微細チップ部品などのはんだ付も可能である。

ソルダペーストは印刷またはディスペンサー塗布により基板にソルダペーストを供給し、部品搭載、リフローする工程をたどることからそれぞれの工程において必要な特性が要求される。

2.3.1 印刷性、吐出性

メタルマスクやメッシュスクリーン上でソルダペーストをスキージ印刷する際のソルダペーストの印刷形状や連続印刷可能時間や印刷枚数などの印刷性能を指す。目的とした印刷形状が安定して連続して印刷されることが求められ、現在では印刷工程の直後に外観検査装置を付帯し、印刷形状の合否判断を行い、後工程である部品搭載工程に移ることが多い。印刷中にソルダペーストが増粘したり乾燥するとメタルスクリーン中でソルダペーストが目詰まりし、はんだ量の不足を招いたり、逆に印刷量が多過ぎたり印刷ダレを起こしやすいため、連続印刷性に優れたソルダペーストを選定する。また、ソルダペーストは温度や湿度より粘度が変化したり、吸湿によりはんだボールを発生することがあるため温湿度管理された環境で印刷することが望ましい。また、ディスペンサー吐出は、ソルダペーストを充填したシリンジの先端からソルダペーストを吐出する方法で、タイマーとレギュレーター、ニードルの径により吐出量を調整する。ディスペンサー吐出においても温度管理された環境またはシリンジ外周部を保温ジャケットで覆ったディスペンサー装置を使用して安定した吐出性を確保することが望ましい。

2.3.2 粘度およびチキソ比

ソルダペーストはチキソトロピー (Thixotropy) 性という性質を備えており、ずり速度が速い時に低粘度、遅い時に高粘度を示す性質があり、これにより、印刷時はソルダペーストが柔らかく印刷しやすく、印刷後には硬くなってダレ難くなり、印刷に適した性質を示す。ソルダペーストの選定にあたっては適切な粘度およびチキソ比 (TI, Thixotropic Index) が求められ、それらの測定方法は JIS Z 3284 ソルダペーストの流動特性試験に規定されている。回転粘度計でソルダペーストの粘度を測定する場合は、通常 10rpm の粘度を測定し Pas で表示する。チキソ比 (TI) はずり速度別の粘度を対数プロットした直線の傾きから得られる。

2.3.3 粘着保持時間

ソルダペーストを印刷した後に、部品が搭載可能な粘着性保持時間を示す。通常印刷スピードに比べ部品搭載スピードは遅いため、ソルダペーストが印刷された基板はラックなどに長時間保管されることがある。この時にソルダペーストによっては表面が乾燥し、部品を搭載しても容易に脱落してしまうことがあり、リフロー工程に進めないことがある。粘着保持時間を測定する方法としては、JIS Z 3284 ソルダペーストの粘着性試験や、実際の試験方法としてソルダペースト印刷後に一定時間毎にマウンターで部品を搭載し、部品が脱落しないかどうか確認する。

2.3.4 リフロー性

ソルダペーストをリフロー炉等によってはんだの融点以上に加熱することによって部品と基板ランドをはんだ付するが、その出来映えを言う。部品電極へのはんだのぬれ上がり高さ、基板ランドへのはんだのぬれ広がり、はんだ付部周辺へのはんだボールの発生、チップ部品側面に発生するはんだボール (サイドボールや bead と呼ばれることがある) などで評価する。評価方法として JIS Z 3194 ソルダペーストにははんだボールの合否基準が、IPC-A-610, Acceptability of Electronic Assemblies や IPC J-STD-001, Requirement for Soldered Electrical and Electronic Assemblies にはリフロー後のはんだ付け性の合否基準が図や写真入りで規定されている。

2.3.5 セルフアライメント

ソルダペーストをリフローすると、はんだが溶融し、ランド全体にぬれ広がろうとし、例えば部品搭載時に部品が少々の位置ずれを起こしていてもこの時に目的の位置に戻る作用があり、この現象をセルフアライメント作用という。この作用のためばらつきの少ないはんだ付けが可能となる。

2.3.6 ボイド

リフロー後にはんだ中に存在する空洞を言う。その原因は幾つかあるが、ソルダペースト中のフラックス成分がリフローの際にガス化し、はんだ中に残留し空洞になることなどによる。ボイドは X 線透過装置により観察可能で、その測定方法は IEC61191-6, Evaluation criteria for voids in soldered joints of BGA and LGA and measurement method に規定されている。ボイドが多いと熱伝導率の低下や耐熱疲労性低下の懸念があるため、低いボイド率が望ましい。ただし、ボイド率はあくまではんだ付部の健全性を評価する尺度の一つにすぎず、ボイド率が低くても信頼性が十分でない場合もあるし、ボイド率がある程度高くても信頼性に大きな影響を与えない場合もあるため、さまざまな信頼性試験を総合して判定すべきである。

2.3.7 未融合

BGA のはんだ付の場合のようにソルダペーストとソルダボールをリフローはんだ付する際、お互いが融合し合えない現象を言う。その原因は幾つかあるが、例えば、ソルダペースト用フラックスがリフロー温度に達する前にフラックス作用を失ってしまい、はんだ表面酸化膜除去作用が発揮されないために起こる。

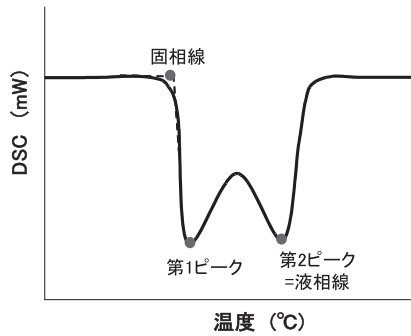


図7 ツインピークはんだ合金の DSC 曲線

コテはんだ付手順-5段階接合法-

- 〈1工程〉
熱伝導・均等加熱の為にコテ先の当て方を考える。
- 〈2工程〉
コテを当て、はんだをコテ先とはんだ付け部分間に少量溶かす。
- 〈3工程〉
濡れ広がりタイミングに合せ適量溶かす。
- 〈4工程〉
はんだの供給を止める。
- 〈5工程〉
コテを素早く離す。
(はんだと同時に)

図8 コテはんだ付手順

2.3.8 チップ立ち

リフロー時にチップ部品が立つ現象を言う。その原因は、リフロー時にチップ部品の電極の一方が先にはんだの融点に達し電極にはんだがぬれると、小さなチップ部品ではそのぬれ力によりチップが立ってしまうことによる。これを防止するには図7に示すようにはんだ合金が溶融温度域に2つの吸収熱ピーク温度を持つはんだ合金を用いるのが効果的である。これは、先に温度が上がった方の電極のはんだは第1のピーク温度ではまだ完全にはんだが溶融しておらず半溶融状態のためはんだのぬれ上がりが十分でないため部品は立つことが出来ず、第2ピーク温度に達すると反対側の電極がはんだの第1ピーク温度に達するため反対側の電極にもはんだがぬれ始めチップ立ちが抑制される。

3. はんだ付のポイント

はんだ付のポイントは、熱・時間、はんだ、フラックス、母材の4つを適切に選ぶことである。以下に、コテはんだ付、フローはんだ付、リフローはんだ付のポイントをまとめる。

3.1 コテはんだ付け

はんだコテとやに入りはんだを用いてはんだ付けする方法で、以下の特徴がある。

- ・はんだ付けしたい箇所自由にはんだ付が行えるため、修正、部分はんだ付など多くの用途に対応できる。
- ・はんだの供給量ははんだ付する時間で制御可能。

1. 管理条件

- ①プリヒート温度 ピーク温度 100~130°C(Dip面ランド上)
- ②はんだ槽温度 250~260°C
- ③コンベア速度...0.8~1.4m/分(基板の種類により異なる)
- ④Dip time...1次:2~3秒 2次:2~3秒 計4~6秒(Max10sec)
- ⑤はんだ浸漬状態...槽の高さ、噴流高さにより調整する
- ⑥はんだ成分の管理(成分分析)
・分析頻度:1回/半年 ・成分管理:銅濃度 0.5~1.0% 鉛濃度 0.1%以下

W-Wave概念図

図9 フローはんだ付ポイント-1

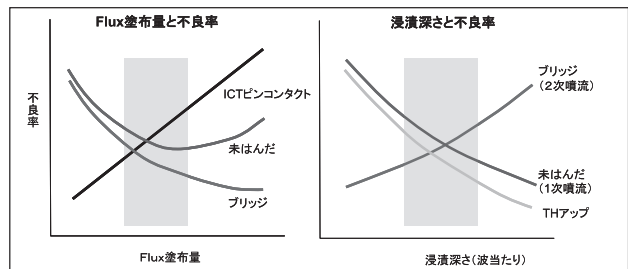


図10 フローはんだ付ポイント-2

- ・設備投資が少ない(人件費はかかる)。
- ・1回1箇所のため、一度に多くのはんだ付は行えない。

コテはんだ付けのポイントを図8に示す。作業しやすく、温度上昇・回復の早いコテ先を選ぶこと、作業性が良く、飛散の少ないやに入りはんだを選択し、図8に示したように母材にコテ先を当て、その温度の上昇に合わせてやに入りはんだを供給するのが基本である。コテ先形状は、四角錐形、円錐形、斜カット形、平形などがある。コテ先温度は、片面基板や小ランドや小端子で320~360°C、スルーホール基板や中ランド、中端子で350~390°C、多層板や大ランド、大端子で380°C以上が目安となる。最近ではコテはんだ付の自動化も進んでおり、はんだ付ロボットやコテ先を使用しないレーザーはんだ付装置も使用されている。

3.2 フローはんだ付

図9に示すように噴流はんだ中に基板を接触させて自動はんだ付する方法で、主に挿入部品のはんだ付に採用されている。

図9および図10に Sn-3Ag-0.5Cu はんだを用いた場合の代表的はんだ付条件および管理のポイントを示す。はんだ種類、はんだ付温度、時間、フラックス種類、フラックス塗布量、はんだ中への基板の浸漬深さ、はんだ中の不純物管理などを行うことで、安定したはんだ付が可能となる。なお、フローはんだ付の前にフラックスを塗布する工程があるが、液状フラックス塗布工程では、スプレー方式やフラックスを発泡させて基板の電極部に塗布する供給方法が用いられる。スプレーフラクサーによる塗布では、フラックスは容器から直接ノズルに圧縮空気と一緒に導入され、霧状に噴霧され、必要な箇所に必

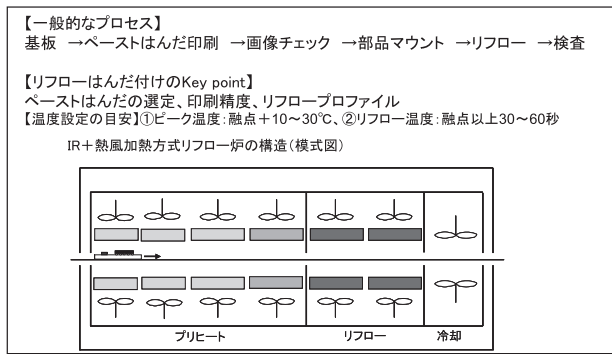


図11 リフローはんだ付のポイント

要な量だけ安定して塗布でき、発泡タイプに比べ溶剤の蒸発が少なく管理が容易なことから現在では主流のフラックス塗布方法となっている。

3.3 リフローはんだ付のポイント

ソルダペーストを用いてはんだ付する方法で、チップ部品などの表面実装に使用される。図11にリフローはんだ付のポイントを示す。印刷性、リフロー性に優れたソルダペーストを選定し、適切なリフロープロファイルを選定する。また、 N_2 雰囲気のリフローにより、はんだボールの発生やぬれ性の向上を図ることがある。

4. おわりに

世界に先駆けて日本が開発した Pb フリーはんだ材料とはんだ付技術は日本では10年以上の実績があり、接合部の信頼性に関して大きな問題もないことから今日では世界各国に普及している。しかし、エレクトロニクス製品のより一層の微細化、高信頼性化、低温化、低価格化など多種多様な要求が出てきており、Pb フリーはんだ付は第2段階に入ったと言えよう。エレクトロニクス産業の発展を支える接合技術として Pb フリーはんだ付は重要な役割を担っており、本稿が、その普及と発展に少しでもお役に立てれば幸いである。

参考文献

- 1) 化学大辞典 5, p104-105, 化学大辞典編集委員会編, 共立出版.
- 2) 溶接・接合便覧, 第2版, p419, 溶接学会編, 丸善.
- 3) 千住金属工業(株) 技術データ.
- 4) IEC 61191-1, Requirements for soldered electrical and electronic assemblies using surface mount and related assembly technologies.