

宇宙用はんだ付工程標準 (JERG-0-039)技術データ集

2022年3月29日 A改訂

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、 JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1 宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部 JAXA(Japan Aerospace Exploration Agency)

E	次

| 1 | 総 | 則 | |
 | |
 |
 |
 | • |
 |
 | |
 |
1 |
|---|-----|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|---|------|------|-----|------|-------|
| 1 | . 1 | 目的 | |
 | |
 |
 |
 | • |
 |
 | • |
 |
1 |
| 1 | . 2 | 適用範囲 | |
 | |
 |
 |
 | • |
 |
 | • |
 |
1 |
| 2 | 関 | 連文書 | |
 | |
 |
 |
 | |
 |
 | • • |
 |
1 |
| 2 | . 1 | 適用文書 | |
 | |
 |
 |
 | |
 |
 | |
 |
1 |
| 2 | . 2 | 参考文書 | |
 | |
 |
 |
 | |
 |
 | |
 |
2 |
| З | 技 | 術データー | -覧 |
 | |
 |
 |
 | |
 |
 | |
 |
3 |

付録:

技術データ1	洗浄の有効性モニタ	. 1–1
技術データ 2	プリント配線板のはんだ付	. 2–1
技術データ 3	はんだ付接合への金めっき及び銀めっきの影響	. 3–1
技術データ 4	はんだ付接合部に生成する金属間化合	. 4–1
技術データ 5	はんだ付接合の低温特性	. 5–1
技術データ 6	はんだ付接合の高温特性	. 6–1
技術データ 7	はんだ付接合のクリープ破断特性	. 7–1
技術データ8	プリント配線板組立の標準修理方法	. 8–1
技術データ 9	はんだ付接合の疲労特性	. 9–1
技術データ 10	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本(スルーホール実装部品)	10-1
技術データ 11	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本(端子配線/スルーホール配	線)
	11–1	

1 総則

本文書は、「宇宙用表面実装はんだ付工程標準(JERG-0-039A)」において引用される参 考情報(技術データ1~11)について、その詳細情報を示すものである。

1.1 目的

本文書は、JERG-0-039 に規定する要求事項、品質保証事項などの事項について、その 背景/事例/評価データを解説し、JERG-0-039の利用に資することを目的とする。

1.2 適用範囲

- (1) 本書に定める要求事項は、信頼性のある電気接続を得るための手はんだ付及びウェーブはんだ付についての要求事項を示すものである。
- (2) 本書は、契約上の仕様書で規定された場合に適用する。この場合、契約の相手方のみ ならず、契約の一部を履行する下請業者などにおいても本書を適用しなければならな い。
- (3) その他の適用範囲、付帯事項については、上位文書である JERG-0-039 に従うものと する。

2 関連文書

2.1 適用文書

下記の文書は、本書に規定する範囲内において、本書の一部をなすものである。特に規 定のない限り本書適用時の最新版とする。

- (1) 宇宙航空研究開発機構文書
 - a. JERG-0-039 ; 宇宙用はんだ付工程標準
 - b. JERG-0-040; 宇宙用電子機器接着工程標準 部品接着固定、
コンフォーマルコーティング及びポッティング
 - c. JERG-0-041 ; 宇宙用電気配線工程標準
 - d. JERG-0-042 ; プリント配線板と組立品の設計標準
 - e. JERG-0-043 ; 宇宙用表面実装はんだ付工程標準

(2) 公共規格など

<u>規格</u>

a. J-STD-004	; Requirements for Soldering Fluxes
b. J-STD-006	; Requirements for Electronic Grade Solder Alloys and
	Fluxed and Non-Fluxed Solid Solders for Electronic
	Soldering Applications

<u>JIS</u>規格

a. JIS Z 3282 ; はんだ

2.2 参考文書

下記の文書は、本書の記載内容を補足するために参考となるものである。

JIS 規格

a. JIS K 8101	; エタノール(99.5)(試薬)
b. JIS K 8839	; 2-プロパノール (試薬)

<u>MIL 規格</u>

a. MIL-STD-1276 ; Leads for Electronic Component Parts

ASTM 規格

a. ASTM B 488	; Electrodeposited Coatings of Gold for Engineering Uses
b. ASTM B 545	; Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Tin
c. ASTM B 70	; Standard Specification for Electrodeposited Coating of Silver for
	Engineering Use

<u>AMS 規格</u>

- a. AMS 2418 ; Plating Copper
- b. AMS 2422 ; Plating, Gold

SAE-AMS(Aerospace Material Specification)

- a. SAE-AMS-P-81728 ; Plating, Tin-Lead(Electrodeposited)
- b. SAE-AMS-QQ-N-290 ; Nickel Plating(Electrodeposited)

<u>IPC 規格</u>

a. J-STD-001ES ; Space Applications Electronic Hardware Addendum to J-STD-001E Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies <u>ESA 規格</u>

a. ECSS-Q-ST-70-08C ; Manual soldering of high-reliability electrical connections

3 技術データー覧

本文書に示す技術データ 1~11 について、上位文書である JERG-0-039 において引用される項番との対応表を以下に示す。

技術データ No.	名称	JERG-0-039 引用項番
1	洗浄の有効性モニタ	5.6.4 , $5.7.5$
2	プリント配線板のはんだ付	5.2.4 , 5.4.1 , 6
3	はんだ付接合への金めっき及び銀めっきの影響	11
4	はんだ付接合部に生成する金属間化合物	11
5	はんだ付接合の低温特性	11
6	はんだ付接合の高温特性]]
7	はんだ付接合のクリープ破断特性]]
8	プリント配線板組立の標準修理方法]]
9	はんだ付接合の疲労特性	11
10	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本 (スルーホールと実装部品)	11
11	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本 (端子配線/スルーホール配線)	11

技術データ 1~11の詳細内容について、各付録に示す。

技術データ1 洗浄の有効性モニタ

目次

1	はじめに	-2
2	測定頻度	-2
3	評価基準	-2
4	溶媒抽出液の比抵抗測定方法1-	-2
5	溶媒抽出液の NaCl 等量測定方法1-	-3

図表一覧

表	1-3-1	洗浄の有効性評価基準	 1-	·2
11	1 0 1	ルチの有効に計画室宇	 1	

1 はじめに

- (1) はんだ付後のプリント配線板組立品の清浄度をモニタするための溶媒抽出法による 測定方法及び評価基準を示す。
- (2) この測定は、電気絶縁性が特に必要な場合で、技術文書で規定する場合又はウェーブはんだ付後洗浄のモニタとして工程仕様書等で規定する場合に適用する。
- (3) 溶媒抽出液の次のどちらかを測定する方法を推奨する。
 - a 比抵抗
 - b 塩化ナトリウム (NaC1) 等量

2 測定頻度

- (1) 測定は、評価基準値を維持していることを保証できる間隔で実施する。
- (2) 統計的手法を用いた工程管理を推奨する。読み値の記録は、評価基準値を外れる傾向が予測できるようにまとめる。

3 評価基準

表 1-3-1 に示す範囲であること。

測定方法	初期比抵抗	最終値
比抵抗	$60 \mathrm{k} \Omega \cdot \mathrm{m}$	20 kΩ·m を超えていること。
NaCl等量	200 kΩ·m	1.55 μ g/cm ² {10.0 μ g/in ² } 未満であること

表 1-3-1 洗浄の有効性評価基準

4 溶媒抽出液の比抵抗測定方法

- 試験液は、容積比で、イソプロピルアルコール 75%、脱イオン水 25%の溶媒とする。この溶媒を混合ベッド脱イオンカートリッジに通すことが望ましい。試験液の比抵抗は、60 kΩ・m を超えている(導電率 166 nS/cm 未満の)こと。
- (2) じょうご、洗浄瓶及び容器を試験液により洗浄する。プリント配線板組立品の両面の面積に対し、1.55 mℓ/cm²{10 mℓ/in²}の割合で試験液を用意する。
- (3) プリント配線板の両面に、用意した試験液を使いきるまで、試験液をゆっくり小量

ずつ流す。

(4) この抽出液の比抵抗を、比抵抗計を用いて測定する。

5 溶媒抽出液の NaCl 等量測定方法

- (1) 試験液は、イソプロピルアルコール 75%、脱イオン水 25%の溶媒とする。試験液 は、初回及び4時間毎に組成が正しいことを確認すること。確認データばらつきが小さ く試験結果に悪影響を与えない場合には、この確認間隔を延長できる。
- (2) 使用装置は、塩化ナトリュウム量既知の標準液を用い、試験液の組成確認と同じ間 隔で校正すること。
- (3) 試験液の初回又は標準純度は、各サンプルを試験する前に、200 kΩ・m を超えている(導電率 50 nS/cm 未満の)こと。
- (4) この試験を自動的に実施する市販品を利用できる。この装置は、連続的に洗浄を管理する場合に推奨される。この装置は、単位面積当たりの NaCl の量(µg/cm²) {µ g/in²}として表示するが、精確な結果を得るために、装置毎及びフラックスシステム毎に注意深い校正が必要である。

技術データ2 プリント配線板のはんだ付

目 次

1	はじめに
2	供試体
2. 1	片端子部品の実装
2. 2	両端子部品の実装2-3
3	試験
4	試験結果
4. 1	片端子部品の実装
4. 2	両端子部品の実装
4. 3	金属組織分析結果
5	評価及び考察
5.1	片端子部品の実装
5.2	両端子部品の実装

図表一覧

片端子部品実装図	2-3
両端子部品実装図	2–3
温度サイクル	2-4
ランダム振動試験レベル	2-4
正弦波振動試験レベル	2-4
はんだクラックの外観	2–5
I C供試体の累積外観不良率	2–5
トランジスタのストレスリリーフなし モールド剤挿入供試体の累積外観不良率	2–5
不適作業供試体の累積外観不良率	2–5
導通抵抗の変化する傾向 (トランジスタ/めっきなしスルーホール)	2–6
トランジスタリード接合部の断面観察	2–7
	 片端子部品実装図. 両端子部品実装図. 温度サイクル. ランダム振動試験レベル. 正弦波振動試験レベル. はんだクラックの外観. I C供試体の累積外観不良率. トランジスタのストレスリリーフなし モールド剤挿入供試体の累積外観不良率 不適作業供試体の累積外観不良率. 導通抵抗の変化する傾向 (トランジスタ/めっきなしスルーホール) トランジスタリード接合部の断面観察.

表 2-2-1	片端子部品実装供試体	2–2
表 2-2-2	両端子部品実装供試体	2-3

1 はじめに

プリント配線板は、電子機器を経済的かつ能率的に製作する上で、また実績的にも必要 不可欠な構成要素となっている。プリント配線板に実装される部品は、はんだ付により回 路に接続されるが、宇宙飛行体の製作に先立ち、特にはんだ接合の疲労とクリープ破損に ついて十分なデータを取得して評価を行い、信頼性の低下に直結する要因を明らかにする 必要がある。

本項では、プリント配線板に片端子及び両端子部品を実装し、温度サイクル試験及び振動試験を行った結果について示す。

2 供試体

2.1 片端子部品の実装

はんだ接続の疲労劣化因子としては、(1) リード線のストレスリリーフの状況(2) リー ド線/スルーホール接合部所のクリアランス(3) プリント配線板の材質(4) 作業の品質状 況を重要な点とした。これらの因子を評価するため、表 2-2-1 の組合せ条件で、形状を図 2-2-1 に設定した。

				÷	ف (乍 業			不	適 作	業						
			ガラ	スエポ	キシ	ボ	リイミ	k	ガラスエポキシ								
電気部品 (リード材留)	ラン	×ĸ		7	トレス	リリー:		はんだ	コールド								
			t	\$	ŧ.	-			はんだ 不 足	盛り過	ジョイン	オーバ	再はんだ付け				
			角銅		モール ¹ ド剤		銅	モール ド剤	. ~	đ	ŀ		101117				
	めっき	上限	5個/ 15点	5個/ 15点	5個/ 15点	5個/ 15点	5個/ 15点	5個/ 15点	_	_	_	_	_				
トランジスタ (コパー)	ホール	下限	л		л	"		н	_	_	_	_	_				
	めっき スルー	なし ホール	п	"	n	"	n	н	_	_	_	_	_				
ハイブリットIC (コバー)	めっき スルー 下限 ホール		5個/ 5個/ 165点 165点		5個/ 165点	5個/ 165点	5個/ 165点		_	_	_	_					
デュアルイン	めっき	めっき 上限		5個/ 70点	5個/ 70点	5個/ 70点	5個/ 5個/ 70点 70点		_	_	_	—	_				
ラインIC (ボトムタイプ)	ホール	下限	n	"	IJ	п	п	"	2個/ 28点	2個/ 28点	2個/ 28点	2個/ 28点	2個/ 28点				
(42合金)	めっき スルー:	なし ホール	л	"	n	п	п	"	_	_	_	_	—				
デュアルイン	めっき	上限	л	"	л	п	п	"	_	_	_	_	_				
ラインIC (サイドタイプ) (42合金)	ホール	下限	л	"	л	п	п	"	_	_	_	_	_				
	めっき スルー:	なし ホール		"	IJ	п	п	"	_	_	_	_	_				

表 2-2-1 片端子部品実装供試体

2.2 両端子部品の実装

本実装方式での疲労劣化因子としては、(1)高密度実装によるリード成型の寸法(2)リード線のクリンチの有無(3)プリント配線板の材質を重要な点とした。よって、これらを評価するため表 2-1-2 の組合せ条件で、また形状については図 2-1-2 に設定した。なお、プリント配線板については、2.1.項で示す仕様と同一である。



図 2-2-1 片端子部品実装図

表 2-2-2	両端子部品実装供試体
---------	------------

No	部晶	ランド の種類	基 板	はんだ 付点数
		フトレーナ	ガラスエポキシ	50
1	抵抗	X F V -)	ポリイミド	50
1	(鋼)	tr 击 ビ	ガラスエポキシ	50
			ポリイミド	50
		フトレーナ	ガラスエポキシ	20
9	コンデンサ		ポリイミド	20
Z	(ニッケル)	古まそ	ガラスエポキシ	20
			ポリイミド	20
9	フラット	フトレーナ	ガラスエポキシ	140
3	(42合金)	XFV-)	ポリイミド	140



図 2-2-2 両端子部品実装図

3 試験

供試体に図 2-3-1 の温度サイクル試験(500 サイクル)を行い、その他 GMS-1、GMS-2 及び MOS-1 のコンポーネント認定レベルの振動試験(図 2-3-2~3)を実施した。なお、 温度サイクル試験中においては、20、80、180、320 サイクルで外観・導通抵抗値を、ま た参考として、各試験の前後で熱抵抗の測定 2.1 項供試体の I C を対象)及び部品性能 試験を行った。

金属組織の分析は、温度サイクル試験等が終了し、外観でリード線の全周にクラックの ある供試体のうちから選定して行った。



図 2-3-1 温度サイクル



図 2-3-2 ランダム振動試験レベル



図 2-3-3 正弦波振動試験レベル

- PSD: Power Spectral Density
- oct: octave
- D.A: Double Amplitude

4 試験結果

4.1 片端子部品の実装

(1) 外観の変化

最大の変化が観察されたのはトランジスタリード/めっきなしスルーホール/モール



図 2-4-1 はんだクラックの外観

ド剤充填のストレスリリーフ無しの場合 (図 2-4-1 温度サイクル 20 回目)であっ た。次に変化の程度が大きいのは、同条件 で、スノーホールめっき穴のものである。 I Cは、リード線の数が 14 本あるためか、 同条件でもクッラクの進行は遅い. 不適作 業の種類では、はんだ不足が最も不良率が 高くなった。

(図 2-4-2~図 2-4-3 参照)



図 2-4-2 IC供試体の累積外観不良率



不適作業供試体の累積外観不良率



注1) ストレスリリーフ有及び無(銅板挿入) では振動試験後まで外観不良はでていない 注2) PTH. Plated Through Hole

図 2-4-4

トランジスタのストレスリリーフなし モールド剤挿入供試体の累積外観不良率 (2) 導通抵抗値の変化

最大の変化を示したものは、外観の変化で最も変ったものと対応しており、その他のものは、導通抵抗変化率に顕著な変化として現われていない。この状況を図 2-4-5 に示す。



(トランジスタ/めっきなしスルーホール)

4.2 両端子部品の実装

外観上の変化

全ての組合せ条件で、全周にわたる深みのあるクラックの発生はなかった。ただし、部 分的には、鱗片状の剥離も認められるので、劣化の始まりは存在すると考えられる。振動 試験後においては、コンデンサ、抵抗でD1=4dのものが、各々2例/40個1例/100 個接合部不良(はんだ付部のクラック*及びコンダクターパターン切れ)が観察された。

*コンデンサのみ

(2) 導通抵抗値の変化

全ての組合せ条件で、温度サイクルによる変化は観察されなかった。技術データ 3.1 項の振動試験で不良となったコンデンサリード接合部は、試験前後で約3m Ω (例 1,2) から 6.4m Ω (例 1)、11m Ω (例 2) となった。

- (3) 部品性能試験
 - a. IC (SN54LS02W); 初期値に対して0サイクル、500サイクル、振動試験の 間に微少な変動も見られるが、規格に対しては十分満足している。
 - b. 湿式タンタル電解コンデンサ(311P6002506);7個/40個に、ハーメチックシー ル部のクラックや電解液洩れが(0~320サイクルの間)観察された。
 - c. 金属皮膜抵抗器(HMGL2): 温度サイクル 0~80回の間は問題がなかったが、 180サイクルの点検時、クラックの前兆が現われ、320サイクルで 49個/100個 にオープン又は、規格外れとなり、振動試験後全数オープンの不良となった。

(3) I C の熱抵抗の変化

外観上のクラックの進行が遅いためか、 特筆すべき変化は認められなかった。

(4) I C の機能試験

D I Pの2品種(CD4011BD、μ
 PB200D-A)及びH I Cの
 GU2-109101-002計24コについては、全
 ての試験で不良は発生しなかった。
 図 2-4-5 導通抵抗の変化する傾向

4.3 金属組織分析結果

試供体は、プリント配線板から切り出しポリエステル樹脂に埋めこみ、かつ、耐水研磨 紙#180,#400,#800,#1500の順序で研磨し鏡面仕上げを行った。

図 2-4-6 に接合部の金属顕微鏡写真を示す。



A:めっきなしスルーホール /モールド剤充填

- (1) リードの全周にみられたクラックは、はんだ層 を貫通している。
- (2) はんだの層状共結晶組織は、繰り返し熱応力を 受けている部分に変化が見られる。これは、熱 応力により、初期にみられたα固溶体(高い鉛 濃度の組成をもち、写真では黒っぽく写ってい る。)とβ固溶体(高い錫濃度の組成をもち写 真では白く写っている。)の層間の長さが、大 きく変ったためである。



クラックの進展や、図 2-4-6 A と同様な組織変 化がみられる。

B:めっきスルーホール /モールド剤充填



顕著な変化は見あたらない。(フィレットの部 分に剥離や、クラックがみられるが、接合上で は、マイナーな変化と考える。)

C:めっきスルーホール /ストレスリリーフ有

図 2-4-6 トランジスタリード接合部の断面観察

5 評価及び考察

5.1 片端子部品の実装

片面プリント配線板に部品をはんだ付する場合は、モールド剤等を使用して部品を固定 することを禁止すべきであり、固定が必要な場合は、リード線の材質の熱膨張係数に近い 物質をスペーサに適用することである。両面プリント配線板(1.6t)に部品を実装する場 合は、スルーホールめっき穴としておけばモールド剤を使用して部品を固定しても実用上 は支障のない可能性も本試験によって裏付けられた。しかし、モールド剤の種類により熱 膨張係数が変るため、適用には十分な注意が必要である。(本試験はモールド剤にソリタン 113/C113-300を使用した。)

5.2 両端子部品の実装

温度サイクル試験による接合部不良はなかったが、コンデンサ・抵抗では1~2例振動 試験による不良が観察され、いずれも成形寸法D=4dのものに現われている。これらは いずれもプリント配線板の共振時に生じる繰り返しの"そり"によるものと考えられ、こ れについての対策は、プリント配線板の剛性のアップやスクリュー等による取付け個所の 増加が考えられる。その他としては、次の事も重要である。

- (1) 湿式タンタル電解コンデンサのリードを折り曲げる場合は、ハーメチックシール部や 溶接部に注意してストレスが加わらない様にする必要がある。
- (2) また、微小クラックが存在すると、温度サイクルにより、故障が顕在化してくる。
- (3) ガラスエポキシ基板とポリイミド基板とを比較すると、特別な有意差はないが、多少 ポリイミド基板の方が、劣化の進行は遅い。
- (4) 抵抗が温度サイクル試験で相当数不良となったが、今回は宇宙用部品を使用しなかったこともあるが、接着固定した部分に熱応力を強く受け、内部の電気的接続不良となったものと推定され、今後の注意が必要である。
- (5) リードのクリンチの効果は顕著に出なかったが、断面観察ではクリンチの方が優位と 考えられる。

技術データ3 はんだ付接合への金めっき及び銀めっきの影響

目 次

1	はじめに	3–3
2	供試体	3–3
3	試験	3-4
3	3.1 試験A	3-4
3	8.2 試験B	3-4
4	結果	3-5
4	1.1 試験Aの結果	3–5
4	Ⅰ.2 試験Bの結果	3–5
5	評価解析	3-6
5	5.1 金めっき	3-7
5	5.2 銀めっき	3-8
5	.3 金めっきと銀めっきの比較	3-9
6	まとめ	3-9

図表一覧

図 3-2-1	供試体の形状	3–3
図 3-3-1	温度サイクルパターン	3-4
図 3-3-2	試験Aの試験フロー	3–4
図 3-3-3	試験B常温クリープ試験	3–4
図 3-4-1	破断荷重への温度サイクルの影響 金めっき供試体	3–5
図 3-4-2	破断荷重への温度サイクルの影響 銀めっき供試体	3–5
図 3-4-3	常温クリープ破断時間のワイブルプロット	3–5
図 3-5-1	破断荷重の金めっき厚依存性	3–7
図 3-5-2	破断荷重の ニッケル下地めっき厚依存性(金めっき)	3–7
図 3-5-3	金めっき供試体の In入りはんだ接合の断面 ニッケル 3μm、金 1.2μm	温
	度サイクル 0回	3–7
図 3-5-4	金めっき供試体の Sn63 はんだ接合の断面 ニッケル 1.5µm、金 2.5µm	温
	度サイクル 0回	3–7
図 3-5-5	破断荷重の 銀めっき厚依存性	3–8
図 3-5-6	破断荷重の ニッケル下地めっき厚依存性(銀めっき)	3–8
図 3-5-7	銀めっき供試体の Sn63 はんだ接合の断面 ニッケル 10μm、銀 20μm	温
	度サイクル 0回	3–8

図 3-5-8	銀めっき供	試体の	Sn62 (はんだ	接合0	つ断面	i :	ニッケ	・ル	10μ m	、銀	2	μ m	温
J	度サイクル	0回												3-8
図 3-5-9	常温クリー	プ特性.												3–9

表 3-2- 1	供試体製作条件及び数量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3–3
表 3-4- 1	常温クリープ試験特性値	3-6

1 はじめに

はんだ付けされる部品リードや回路導体は、保存性やはんだの濡れ性を考慮して、は んだ、金及び銀でめっき仕上げすることが多い。ここでは金及び銀めっきを施した供試 体を製作し、これに温度サイクルの環境ストレスを加え、引張り試験、導通抵抗値測定 及び金属組織分析により、めっきの種類及び厚さ並びにはんだの種類がはんだ付部の劣 化に及ぼす影響を検討した。また、常温下でこれら供試体に定荷重を負荷しクリープ特 性に関するデータを得た。

2 供試体

図 3-2-1 に示す形状で、表 3-2-1 のめっき及びはんだの組み合わせで合計 1,260 点は んだ付けした。



								X	μ	m									
	ニッケル下	「地めっき		0.5			1.5			3		Į	5	1	0	1	5		
けしばめっき 光沢金			0.7	1.2	2.5	0.7	1.2	2.5	0.7	1.2	2.5								
11	上りめらさ	光 沢 銀											20	2	20	2	20		
吏	Sn63/Pb37 (S	Sn63)	38	38	38	98*	38	38	38	38	38	38	38	98*	38	38	38		
市は、	Sn53/Pb29/In17	.5/Zn0.5(In入り)	38	38	38	38	38	38	38	38	38								
んだ	Sn62/Pb36/Ag	g2 (Sn62)											38	38	38	38	38		

表 3-2-1 供試体製作条件及び数量

* このうち 60 本ずつ試験Aの常温クリープ試験用

その他は全て試験 B 用

3 試験

3.1 試験A

供試体に図 3-3-1 の温度サイクル 500 回の負荷を加えた。そして、図 3-3-2 の試験フローに従い、温度サイクル 0, 20, 80,180,320, 及び 500 回の時点で引張り試験 (せん断引張、引張速度: 0.5mm/分)、導通抵抗値測定、金属組織分析を行った。







図 3-3-2 試験Aの試験フロー

3.2 試験B

表 3-2-1 の常温クリープ試験用供試体(2種、 各 60本) の 20本ずつに、金めっきの場合は、 3.0、4.8 及び 5.8kg の重りを、銀めっきの場合 は、4.8、5.8 及び 6.8kg の重りを図 3-3-3 通り負 荷し、はんだ付部が破断するまでの時間を測定 した。



図 3-3-3 試験B常温クリープ試験

4 結果

4.1 試験Aの結果

図 3-4-1 及び図 3-4-2 例に示すように、金めっき及び銀めっき供試体とも、温度サイクル 20 回付近から破断荷重が一時的に増大し、180 回付近から再び低下する傾向を示した。

導線抵抗値については、金めっき供試体で、0.7mΩ程、銀めっき供試体で 0.3mΩ程 であり、温度サイクル 500 回終了後もその変化量が±0.04mΩ程で測定誤差内である ので、本温度サイクル試験では導通抵抗は殆ど変化しないといえる。



図 3-4-1 破断荷重への温度サイクルの影響 金めっき供試体





4.2 試験Bの結果

はんだ付部がクリープ破断するまでの 時間をワイブルプロットし、これを例示 したのが図 3-4-3 ある。このプロットか ら形状パラメータ、平均破断時間、特性 破断時間及び標準偏差を求めた結果を他 の条件のワイブルプロットの結果と合わ せて表 3-4-1 に示す。



常温クリープ破断時間のワイブルプロット

	光	尺金めく	っき	光沢銀めっき								
重り 〔kg〕	3.0	4.8	5.8	4.8	5.8	6.8						
ワイプル分布の 形状パラメータ ^m	2.8	2.7	2.7	2.4	1.9	2.0						
平均破断時間* μ	430	133	50	1510	620	365						
特性破断時間* η	480	150	55	1700	720	405						
標準偏差* σ	166	54	20	660	346	190						

表 3-4-1 常温クリープ試験特性値

* 単位:時(h)

-(<u>t</u>)m **F**(t) :累積分布関数 t :時間(h)

5 評価解析

- (1) 試験Aで温度サイクルの負荷を加えると一旦破断荷重が増大する原因としては、次のことが考えられる。
 - a. 金や銀が錫やインジウムと相互に拡散し合い、それぞれの原子半径が異なる ため固溶強化が起こる。
 - b. 金や銀が溶融はんだ内に拡散し、はんだ組成が共晶点からずれて固化時、部分的に初晶を生ずるが、その初晶が冷却速度大なため、一時鉛過飽和なミクロ偏析を生じ不安定な状態になるが、温度サイクルを繰り返すうち安定な状態になり、初晶の錫成分が増加する。
- (2) 試験Aの破断荷重について、温度サイクルに対し、仕上げめっき(金又は銀)厚さ、 ニッケルめっき厚さ及びはんだの種類を要因とした三元配置分散分析を行った。そ の結果を以下に示す。

5.1 金めっき

金めっき供試体の破断荷重については、温度サイクル 0~500 回までの間に次のような共通傾向となった。

(1) 破断荷重は、金めっき厚さが厚くなると、Sn63 では減少し、In 入りはんだでは増大 する(図 3·5·1)。また、In 入りのはんだの方が破断荷重が大きくなっている。

(2) 図 3-5-3 に示す In 入りはんだによる接合面は、ボイドが少ないのに対し、図 2-2-11 に示す Sn63 ではボイドが多数発生し、破断面がはんだ内のボイドを連通している。この ボイドは金めっきが厚いほど顕著に発生し、はんだ付有効面積を小さくさせ破断荷重を減 少させたと考えられる。

(3) ニッケル下地めっきについては、図 3-5-2 に示すように厚さの依存性は、はっきり表れていない。









金めっき供試体の In 入りはんだ接合の断面 ニッケル 3μm、金 1.2μm 温度サイクル 0回



図 3-5-2 破断荷重の

ニッケル下地めっき厚依存性(金めっき)



図 3-5-4

X50

金めっき供試体の Sn63 はんだ接合の断面
 ニッケル 1.5μm、金 2.5μm

X50

5.2 銀めっき

銀めっき供試体については次のことがいえる。

- (1) 銀めっき厚さ依存性については、図 3-5-5 に示すように、温度サイクル0回では Sn63の場合銀めっきの厚い方が破断荷重大であるが、温度サイクルを加えるにつれ、 どちらのはんだでも厚さの薄い方が破断荷重が大きくなった。これは、温度サイクル を加えるとめっきの厚い方がはんだ内に銀が多量に拡散し、Ag3Sn等の金属間化合物 を生成するとともに、周囲に鉛濃度の高い部分を生ずるため、相対的には強度が低下 する傾向が出てくると推定される。
- (2) はんだの種類については、Sn62の方がSn63より破断荷重が大きかった。これは 図 3-5-7で示すようにSn63では初晶(αの固溶体)がはんだ付界面近傍に集中的に 析出し、そこから破断しているのに対し、Sn62では図 3-5-8の通り所晶の析出が集中 せず、その量も少なかったことによると考えられる。ただし、500サイクル経過後に は、危険率5%でSn63とSn62の間に有意差はなくなった。
- (3) ニッケル下地めっきについては、図 3-5-6 で示すとおりめっきが厚い方が破断荷重 が多少大きくなる傾向を示した。









銀めっき供試体の Sn63 はんだ接合の断面 ニッケル 10μm、銀 20μm 温度サイクル 0回





図 3-5-8 X50 銀めっき供試体の Sn62 はんだ接合の断面 ニッケル 10µm、銀 2µm 温度サイクル 0回

5.3 金めっきと銀めっきの比較

- (1)金めっきと銀めっきを比較すると、金めっき供試体は、AuSn、AuSn2、AuSn4、 AuIn、Au7In3等の金属間化合物が高速で生成し、これらの硬度が大きく脆いため 及びSn63で多く生じるボイドのため、銀めっき供試体より破断荷重が小さくなっ たと考えられた。
- (2) 導通抵抗値は金属間化合物の生成や微小なクラック等の要因で増大するが、今回変化は殆どなかった。
- (3) 表 3-4-1 より、形状パラメータは、どの条件でも2~3程で同様な破壊過程である と推定された。また、応力 vs 破断までの時間をプロットすると図 3-5-9 に示す通り 直線関係を示し、重りをn倍にすると破断までの時間は、1/n²⁻³になり、試験Aと 同様に銀めっき供試体の方が良好な性能を示した。



6 まとめ

黄銅同士を接合させたため、熱疲労による劣化は少なかった。 強度試験の比較結果は、次のとおり。

- (1) 金めっきより銀めっきの方が強度が高い。
- (2) 銀めっきに対しては、銀入りはんだの強度が高い。
- (3) ニッケル下地めっきは、厚い方が強度が高い。

技術データ4 はんだ付接合部に生成する金属間化合物

目 次

1	は	じめに.			 •••	 	• •	 	 	 	 	 	• • •	• • •	 	•	 	 		 4–2
2	供	試体			 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–2
3	標	準試料.			 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–2
4	試	験			 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–2
5	結	果			 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–3
5	. 1	金錫系			 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–3
5	. 2	金イン	ジウム	系.	 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–5
5	. 3	銀錫系			 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–5
5	. 4	銅錫系			 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–6
5	. 5	ニッケ	ル錫系	ξ	 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–6
6	金	属間化合	物の	硬度	 	 		 	 	 	 	 			 		 	 	•••	 4–6
7	ま	とめ			 	 		 	 	 	 	 			 		 	 		 4–7

図表一覧

図 4-5-1	金錫系金属間化合物の成長	4–4
図 4-5-2	金錫系のアレニウスプロット	4–4
図 4-5-3	金インジウム系金属間化合物の成長	4–5
図 4-5-4	銀錫系金属間化合物の成長	4–5
図 4-5-5	銅錫系金属間化合物の成長	4–6
図 4-5-6	ニッケル錫系金属間化合物の成長	4–6
図 4-7-1	金錫系金属間化合物の断面	4–8
図 4-7-2	金錫系金属間化合物の断面(ボイド)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4–8
図 4-7-3	金錫系金属間化合物の表面	4–8
図 4-7-4	金インジウム系金属間化合物の断面	4–8
図 4-7-5	銀錫系金属間化合物の断面	4–8
図 4-7-6	銀錫系金属間化合物の断面(ボイド)	4–8
図 4-7-7	銀錫系金属間化合物の表面	4–9
図 4-7-8	銅錫系金属間化合物の断面	4–9
図 4-7-9	銅錫系金属間化合物の表面	4–9
図 4-7-10) ニッケル錫系金属間化合物の断面	4–9
図 4-7-11	ニッケル錫系金属間化合物の表面	4–9
表 4-5-1	金属化合物の活性化エネルギー	4–4
表 4-6-1	金属間化合物及びそれを構成する純金属のマイクロヌープ硬度	4-6

1 はじめに

金属間化合物が多量に生成するとはんだ付接合部が劣化するといわれている。本項は、 拡散対として金錫系、金インジウム系、銀錫系、銅錫系及びニッケル錫系を取り上げ、 70℃、100℃及び150℃で100日間金属間化合物を生成させ、その成長幅、硬度及び形 状等を確認したので紹介する。

2 供試体

供試体は、金錫系、金インジウム系、銀錫系、銅錫系及びニッケル錫系の5種の拡散 対とした。金、銀、銅及びニッケルは、純度 99.99%の材料を冷間圧延し、その上に錫 又はインジウムを電気めっきした。供試体の大きさは一辺約3mmの立方体で、各拡散 対は 63 個ずつ製作した。

3 標準試料

5つの拡散対で生成すると考えられる金属間化合物を生成させるため、夫々の純金属 を化合物の割合で石英管に真空封入、加熱により金属を融解し、さらに加熱エージング した。

生成した物質はX線回析より目標とした金属間化合物であることを確認し、さらにE MXにより拡散対を形成する2成分の強度比をとり、供試体で生成した金属間化合物の 同定に用いた。

上記の方法で準備した標準試料(金属間化合物)は、AuSn、AuSn2、AuSn4、Au4In、Au3In、Au7In3、AuIn、AuIn2、Ag17Sn3、Ag3Sn、Cu3Sn、Cu6Sn5、Ni3Sn2及びNi3Sn4の14種とした。

4 試 験

5種拡散対夫々21個ずつ、70℃、100℃及び150℃に保持した恒温槽に入れ、2、4、 8、25、40、64及び100日後に各条件3個ずつ供試体を抜き取り、EMXにより金属 間化合物を同定し、その成長幅を測定した。なお、供試体が保温中に酸化するのを防止 するため、抜き取り予定が同一のものはまとめて石英管中に真空封入し、恒温層に入れ た。

また、150℃に100日間保管した金錫系、銀錫系、銅錫系及びニッケル錫系の供試体 については錫めっき部を除去し、生成した金属間化合物の表面状況を観察した。さらに、 標準試料及び拡散対を形成する純金属のヌープ硬度も合わせて測定した。

5 結 果

5.1 金錫系

供試体のEMXによる成分分析と標準試料との対応から、図4-7-1に示すようにAuSn、 AuSn2及びAuSn4の3種の金属間化合物が層状に生成していることが確認できた。

また、図 4-7-2 には、Au と AuSn との境界にボイドがみられるが、これはカーケンダ ル効果によるボイドと考えられる。

3種の化合物層を合計した成長幅の時間変化を図 4-5-1 に示すが、150℃100 日間で 100 µ m 異常金属間化合物が生成したのがわかる。後述する金インジウム系、銅錫系及 びニッケル錫系(図 4-5-3、-5 及び-6)では成長幅と時間の平方根との関係が直線にな るが、金錫系では曲線になる。これはカーケンダルボイドが生成することにより原子の 移動が妨げられたためと考える。ボイドが発生しないとすれば図 3-5-1 の点線で示すよ うに金属間化合物が成長すると考えられる。

ここで、

$d = \sqrt{D t}$		(1)
d	:金属間化合物成長幅	
D	: 拡散係数	
t	:時間	

として、図 4-5-1 より各温度での拡散係数を求め、アレニウスプロット(図 4-5-2) し、(2)式より活性化エネルギー等を求め、表 4-5-1 に示す結果を得た。

D=D。exp(-E/RT) (2)
 D。:定数
 E:活性化エネルギー
 R:ガス定数
 T:絶対温度

また、エッチング液として水酸化ナトリウム 50g/0とオルトニトロフェノール 35g/ 0の水溶液を用い、錫めっき層を除去し、金属間化合物を露出させた結果を図 4-7-3 に 示す。



図 4-5-1 金錫系金属間化合物の成長



図 4-5-2 金錫系のアレニウスプロット

拡散対	温度〔℃〕	D [cm²/s]	Е	Do
AuSn 系	70	1.4×10^{-13}		
(AuSn	100	2. 0×10^{-12}	18.8 Kapl (mol	1.56×10^{-1}
AuSn2	150	2.6×10 ⁻¹¹	KCal/ mol	Сш/ 5
AuIn 系	70	1.1×10^{-14}		
AuIn	100	4. 4×10^{-13}	22.4	3.60
(Aurins)	150	5.6 $\times 10^{-12}$		
A - Sta X	70	1.4×10^{-15}		
Agon A	100	2.8 $\times 10^{-14}$	20.1	1.20×10^{-2}
(Agoon)	150	3.6×10 ⁻¹³		
CuSn 系	70	2. 0×10^{-15}		
Cu3Sn	100	7. 2×10^{-15}	13.8	1.02×10^{-6}
Cubsnb	150	8.9×10 ⁻¹⁴		
Nich X	70	6.6×10 ⁻¹⁶		
	100	1.8×10^{-15}	11.5	1.10×10^{-8}
(113514)	150	1.6×10^{-14}		

	表 4-5-1 4	金属化合物の活性化エネルギー
--	-----------	----------------

5.2 金インジウム系

図 4-7-4 に示すように Au₇In₃ 及び AuIn が層状に生成しているのがみられる。 二層の合計の成長幅の時間変化は、図 4-5-3 に示すように、成長幅が時間の平方根 に比例しており、150℃、100 日間で 70 μ m 程の成長がみられた。

また、(1)、(2)式及び図 4-5-3 より活性化エネルギー等を求めた結果を、表 4-5-1 に 示す。

5.3 銀錫系

図 4-7-5 に示すように、Ag₃Sn が生成した。成長幅の時間変化を図 4-5-4 に示す。 成長幅は、150℃ 100 日間で 11µm 程であるが、150℃では時間の平方根との比例 がみられなかった。これもカーケンダルボイド(図 2-3-12)が原因していると考えら れる。150℃については金錫系と同様に図 4-5-4 の通り直線で仮定したうえで(1)、(2) 式及び図 4-5-4 より活性化エネルギー等を求め、結果を表 4-5-1 に示す。

また、この化合物層の表面を図 4-7-7 に示す。



図 4-5-3 金インジウム系金属間化合物の成長



図 4-5-4 銀錫系金属間化合物の成長

5.4 銅錫系

図 4-7-8 に示すように Cu₃Sn 及び Cu₆Sn₅ が波状に生成した。二層合計の成長幅の時 間変化は、図 4-5-5 に示すように、成長幅が時間の平方根に比例して増大した。 図 4-7-9 に化合物層の表面写真を示す。

5.5 ニッケル錫系

図 4-7-10 に示すように、Ni₃Sn₄ が波状に生成した。その幅は今回の5種の拡散対の 中でも最も小さいものであった。成長幅の時間変化は、図 4-5-6 に示すように、時間の 平方根に比例して増大した。活性化エネルギー等を求めた結果を表 4-5-1 に、図 4-7-11 に化合物層の表面写真を示す。



図 4-5-5 銅錫系金属間化合物の成長



図 4-5-6 ニッケル錫系金属間化合物の成長

6 金属間化合物の硬度

金属間化合物及び純金属の硬度測定結果を表 4-6-1 に示す。金属間化合物の硬度は、 これを構成する純金属の硬度よりおおきな値を示した。

表 4-6-1 金属間化合物及びそれを構成する純金属のマイクロヌープ硬度

(10点の平均値)

化合物又は金属	AuSn	AuSn2	AuSn4	Ag17Sn3	Ag3Sn	Cu3Sn	Cu6Sn5	Ni3Sn
ヌープ硬度 [KHN]	67	121	61	78	85	128	76	237

化合物又は金属	Ni3Sn2	Au7In3	AuIn	Au	Ag	Cu	Ni	Sn
ヌープ硬度 [KHN]	266	162	88	44	47	56	126	7

7 まとめ

表 4-5-1 の活性化エネルギー等から金インジウム系、銅錫系及びニッケル錫系につい て 70℃~150℃における金属間化合物の成長幅が予測できる。金錫系及び銀錫系につい てはカーケンダル効果により、表 4-5-1 からは計算できないが、図 4-5-1 及び図 4-5-4 より予測できる。

実験結果が示すように、金錫系及び金インジウム系においては、金属間化合物が高速 で成長し、硬度も大きな値を示したことから、金属間化合物が脆くなりはんだ付界面で の破断を招き易いといえる。

特に金錫系でみられたカーケンダルボイドのように、はんだ付接合面積を減少させる ような影響をもつという点に留意する必要がある。

はんだ付の際適用されることの多い金属の組合せ、即ち、金、銀、銅及びニッケルに 錫又はインジウムのめっきを行ったが、実際のはんだ付接合部では、はんだの成分であ る鉛等の挙動も考慮に入れる必要がある。例えば、厚い金めっき部に錫鉛系はんだを用 いる場合、金錫の金属間化合物が生成する以外に残った鉛が界面で単独に層を形成する ため、この部分の強度が低下するという可能性もある。







図 4-7-1 金錫系金属間化合物の断面



図 4-7-4 金インジウム系金属間化合物の断面



図 4-7-6 銀錫系金属間化合物の断面(ボイド)



図 4-7-3 金錫系金属間化合物の表面



図 4-7-5 銀錫系金属間化合物の断面



図 4-7-7 銀錫系金属間化合物の表面



図 4-7-8 銅錫系金属間化合物の断面



図 4-7-9 銅錫系金属間化合物の表面



図 4-7-10 ニッケル錫系金属間化合物の断面



図 4-7-11 ニッケル錫系金属間化合物の表面

技術データ5 はんだ付接合の低温特性

目 次

1	は	じめに	-3
2	供	試体	-3
2	. 1	供試体の形状	-3
2	. 2	材質とめっき	-3
2	3	はんだ	-3
2	4	供試体の数量	-3
3	試	験	-5
3	. 1	温度サイクル試験	-5
	3. :	2 外観確認	-5
3	3	引張試験	-6
3	. 4	導通抵抗値測定	-6
3	. 5	金属組織分析	-6
3	6	試験フロー5-	-6
4	結	果	-7
4	. 1	外観確認の結果	-7
4	. 2	引張り試験の結果	-8
4	. 3	導通抵抗値測定の結果 5-1	3
5	評	価	3
5	. 1	はんだの種類と温度サイクルを因子とした分散分析	3
5	. 2	リード線材質と温度サイクルを因子とした分散分析	5
5	. 3	仕上げめっきと温度サイクルを因子とした分散分析	5
6	光	沢金めっきと無光沢金めっきの違い5-1	7
7	ま	とめ	8

図表一覧

図 5-2-1	供試体の形状	5–3
図 5-3-1	温度サイクルパターン	5–5
図 5-3-2	導通抵抗値測定の際の クリップ型プローブの位置	5-6
図 5-3-3	試験フロー	5-6
図 5-4-1	黄銅とコバーのはんだ付 X30	5-7
図 5-4-2	金めっきへのはんだ付 X30	5-7
図 5-4-3	はんだめっきへのはんだ付 X30	5-7
図 5-4-4	In入りはんだによるはんだ付 X30 5-8	
---------	---	
図 5-4-5	Ag1.5によるはんだ付 X305-8	
図 5-5-1	はんだ種類による温度サイクルと5-14	
図 5-5-2	せん断強度変化率(リード線:コバー、仕上げめっき:光沢銀) 5-14	
図 5-5-3	リード線材質による温度サイクルとせん断強度 (仕上げめっき:光沢銀) 5-15	
図 5-5-4	仕上げめっきと温度サイクルの分散分析5-16	
図 5-6-1	光沢金めっきと無光沢金めっきの せん断強度の比較	
図 5-6-2	光沢金めっきに Sn63 でのボイド 5-17	
図 5-6-3	無光沢金めっきに Sn63 でのボイド 5-17	
図 5-6-4	無光沢金めっきと In 入りはんだでの結晶粒 5-18	
図 5-6-5	無光沢金めっきと Sn63 での結晶粒 X400 5-18	

表 5-2-1	端子とリード線の材質とめっき5-4
表 5-2-2	仕上げ及び下地めっき法5-4
表 5-2-3	使用はんだ
表 5-2-4	供試体の数量(その1)5-5
表 5-3-1	供試体の数量(その2)5-5
表 5-4-1	温度サイクル開始前のせん断強度5-9
表 5-4-2	温度サイクル 30 回後のせん断強度 5-10
表 5-4-3	温度サイクル 170 回後のせん断強度 5-11
表 5-4-4	温度サイクル 400 回後のせん断強度 5-12
表 5-4-5	無光沢金めっきのせん断強度5-12
表 5-5-1	はんだの種類と温度サイクルの分散分析5-13
表 5-5-2	リード線材質と温度サイクルの分散分析5-15
表 5-5-3	仕上げめっきと温度サイクルの分散分析5-16

1 はじめに

本項は、軌道上で想定される低温域温度サイクル(環境にさらされる部分)に適用す べきはんだ付接合方法を試験により評価・検討したものである。

2 供試体

はんだ付部の劣化に影響を与える因子は、被接合材の材質(熱膨張率)、仕上げめっ き及びはんだの種類として供試体を計画した。

2.1 供試体の形状

供試体は、端子にリード線をはんだ 付したもので、材料の加工性、めっき 密着性、はんだ付性及び試験性を考慮 し、さらにデータのばらつきが小さく なるように配慮し、図 5-2-1 に示す形 状とした。

2.2 材質とめっき

端子とリード線の材質とめっきは、表 5-2-1 に示す組み合わせとした。 めっきの規格等を表 5-2-2 に示す。



図 5-2-1 供試体の形状

2.3 はんだ

はんだは、低温用として推奨されるはんだ、高温用として推奨されるはんだ等5種類であり、その特徴を表 5-2-3 に示す。

2.4 供試体の数量

供試体数量は、表 5-2-4の組み合わせで 14本又は 15本ずつ製作した。15本製作した供試体は、そのうちの1本を金属組織分析用とした。インジウム(In)入りはんだは、主に金が接合部に介在するはんだ付に用いるため、金めっきの端子及びリード線とのみ組み合わせた。さらに、光沢金めっきのはんだ付部にボイドが生成するといわれているので、これを防ぐため表 5-3-1の組み合わせで無光沢金めっき供試体を 36本製作した。

	端	子			у — Р	*線*1	
材質	線膨張率	下地めっき	仕上げめっき	材質	線膨張率	下地めっき	仕上げめっき
黄銅	19×10^{-6} °C ⁻¹	ニッケル*2	光沢金	コバー	4. 7×10^{-6} °C ⁻¹	ニッケル*2	光沢金
	(0~100°C)	$(2\sim 3 \mu{\rm m})$	(Max 1μ m)		(20∼350°C)	$(2\sim 3 \mu$ m)	(Max 1μ m)
			光沢銀	軟 銅	16. 7×10^{-6} °C ⁻¹		光沢銀
			$(10 \sim 15 \mu{\rm m})$		(0~100℃)		$(10 \sim 15 \mu{\rm m})$
			はんだ	ニッケル	$18 \times 10^{-6} C^{-1}$		はんだ
			(Max 3μ m)		(0∼1,000°C)		(Max 3μ m)
			無光沢金	黄銅	$19 \times 10^{-6} C^{-1}$		無光沢金
			(Max 1μ m)		(0∼100°C)		(Max 1μ m)
				アルミ	$23 \times 10^{-6} C^{-1}$		
					(20∼200°C)		

表 5-2-1 端子とリード線の材質とめっき

*1 リード線については材質とめっきを組み合わせたものを供試体とした。

*2 ニッケルめっきは素材の亜鉛成分がはんだ付け面へ拡散するのを防げる厚さとした。

めっき	きの種類	めっき浴	規格
光	沢 金	シアン浴(オートレネクス C) (Co 含有)	MIL-G-45204B, AMEND2 TYPEII, GRADE-D
光	沢 銀	シアン浴	QQ-S-365B, TYPEII, GRADE-B
は	んだ	ホウフツ化浴	MIL-P-81728A Sn50~70%、不純物 1%、残鉛
無光沢金		シアン浴 (Co 無)	M I L - G - 4 5 2 0 4 B, AMEND 2 T Y P E I, G R A D E - A
ニッケル	アルミ用	カニゼン (プルーシューマー)	無電解 MIL-C-26074C
-9712	アルミ以外	硫酸浴	QQ - N - 290

表 5-2-2 仕上げ及び下地めっき法

注) ニッケル (アルミ用) めっき以外は電解めっき

表 5-2-3 使用はんだ

No.	はんだ	規格	固相線	液相線	特徵		
1	Sn63∕Pb37 (Sn63)	QQ-S-571E	183℃	(共晶)	NASA はんだ付け技術文書で指定されている。		
2	Sn62/Pb36/Ag2 (Sn62)	QQ-S-571E	177℃	189°C	銀めっきリード及びステンレススチール等 のはんだ付けに使用		
3	Sn96∕Ag4 (Sn96)	QQ-S-571E	221℃(共晶)		銀めっきリード及びステンレススチール等 のはんだ付けに使用。高温環境における抗張 力が大きいので高温で使用されるもののは んだ付けに適用。		
4	Sn1/Pb97.5/Ag1.5 (Ag1.5)	QQ-S-571E	309℃(共晶)		高温はんだとして使用。高温及び低温環境に おける抗張力が大きいので高低温で使用さ れるもののはんだ付けに適用。		
5	Sn53/Pb29/In17.5 /Zn0.5(In 入り)		135℃*	151℃*	金めっきリードのはんだ付けに使用。		

*実測値

	庙 田	端子及び	リード線/端子				
	し	リード線 めっき	コバー/黄銅	軟銅/黄銅	ニッケル/黄銅	黄銅/黄銅	アルミ/黄銅
		光沢金	14 本			15 本	
1	Sn63	光沢銀	14 本	15 本	14 本	15 本	14 本
		はんだ	14 本			14 本	
		光沢金	14 本			15 本	
2	Sn62	光沢銀	14 本	15 本	14 本	15 本	14 本
		はんだ	14 本			14 本	
		光沢金	14 本			15 本	
3	Sn96	光沢銀	14 本	15 本	14 本	15 本	14 本
		はんだ	14 本			14 本	
		光沢金	14 本			15 本	
4	Ag1.5	光沢銀	14 本	15 本	14 本	15 本	14 本
		はんだ	14本			14本	
5	In 入り	光沢金	14 本			15 本	14本

表 5-2-4 供試体の数量(その1)

3 試験

3.1 温度サイクル試験

供試体に図 5-3-1 に示す-170℃~ 70℃の温度サイクルで 400 回の負荷 を加えた。

3.2 外観確認

はんだ付接合の良否はフィレットの 状況、光沢等の外観検査で決定される。 そこで、3.3項の引張り試験、3.4項の 導通抵抗値測定及び3.4項の金属組織 分析結果と対応させるため、15倍の拡 大鏡を用いて外観の特徴を確認した。

表 5-3-1 供試体の数量 (その2)

No.	使用 はんだ	端子及び リード線 めっき	リード線/端子 黄銅/黄銅
6	Sn63	年业汨ム	18 本
7	In 入り	無兀朳金	18 本



図 5-3-1 温度サイクルパターン

3.3 引張試験

端子からのリード線の引き抜き強度を1mm/minの引張り速度により測定した。

3.4 導通抵抗値測定

ミリオームメータを用い、図 5-3-2 に示すようにはんだ接合部の導通抵抗値を測定した。



図 5-3-3 試験フロー

3.5 金属組織分析

表 5-2-4 で 15 本ずつ製作した供試体について温度サイクル 320 回後に1本ずつ金属顕 微鏡で金属組織分析を行った。

3.6 試験フロー

表 5-2-4の供試体について図 5-3-3 に示すフローに従い温度サイクル試験を行い、その 開始前、30、170 及び 400 回終了後に評価試験として外観確認、引張り試験、導通抵抗 値測定及び金属組織分析を行った。また、表 5-3-1 に供試体については温度サイクル 67 回を加え、その開始前及び 30 回後に5本ずつ、67 回後に8本ずつ引張り試験を行い、さ らに温度サイクル開始前に引張り破断した供試体を1本ずつ金属顕微鏡で金属組織分析 した。

評価試験は外観確認、導通抵抗値測定、引張り試験の順に行った。

外観確認及び導通抵抗値測定の全数は、温度サイクル試験前が各14点で引張り試験に より順次減っている。

また、表 5-2-4 で 15 本ずつ製作した供試体については、温度サイクル 320 回後に、そのうち1本を金属顕微鏡で金属組織分析した。

4 結果

4.1 外観確認の結果

今回製作した全ての供試体について、温度サイクル 400 回の負荷を加えてもはんだ 付部にクラックは発生しなかった。夫々の供試体の特徴は以下の通りである。

- (1) 端子とリード線と組み合わせについて は、温度サイクルの負荷を加えると熱 膨張率の差の大きな材質同士の組み合 わせほど熱疲労が進みはんだ付け部が 劣化し、表面にシワが現われた(図2 -4-5参照)。
- (2) 光沢金めっきを施すと外観が白味を帯 びてくる。金めっき厚が最大1µmと いうことで薄い部類に入るが、厚い場 合はこの傾向が顕著になる¹⁾。また、は んだめっきの場合、他のめっきに比べ 温度サイクルの負荷を加えても光沢が 保たれる傾向にある(図 5-4-2 及び 5-4-3 参照)。



図 5-4-2 金めっきへのはんだ付 X30
 端子;黄銅 リード線;黄銅
 仕上げめっき;光沢金
 使用はんだ;Sn63
 温度 400回
 はんだ付が白みを帯びてくる。



図 5-4-1 黄銅とコバーのはんだ付 X30

端子;黄銅 リード線;コバー 仕上げめっき;はんだ 使用はんだ;Sn63 温度サイクル 400回 リード線の回りのはんだ付部にしわが



図 5-4-3 はんだめっきへのはんだ付 X30 端子;黄銅 リード線;黄銅 仕上げめっき;はんだ 使用はんだ;Sn63 温度サイクル 400回



及び図 5-4-5 参照)。

図 5-4-4 In 入りはんだによるはんだ付 X30

In 入りはんだによるはんだ付
 端子;黄銅 リード線;黄銅
 仕上げめっき;光沢金
 使用はんだ; In 入り
 温度サイクル 30 回
 はんだ付部に光沢がない。

図 5-4-5 Ag1.5 によるはんだ付 X30

Ag1.5 によるはんだ付 端子;黄銅 リード線;黄銅 仕上げめっき;はんだ 使用はんだ;Ag1.5 温度サイクル 30 回 はんだ付部に光沢がない。

4.2 引張り試験の結果

端子からのリード線の引き抜き荷重を求め、次式により線断強度を求めた。

せん断強度= ______引き抜き荷重 (フィレット長さ+ 端子厚さ) × リード線円周長さ

(3) In 入りはんだ及び Ag1.5 は、温度サイクル 30 回で既に光沢がなかった(図 5-4-4

表 5-2-4 の供試体を温度サイクル 0、30、170 及び 400 回後に引張り試験にかけた 結果を表 5-4-1 から表 5-4-4 に示す。

- 同一条件のせん断強度の試料標準偏差(σn·1)は、平均せん断強度の10%程度であった。
- (2) はんだの種類の影響が顕著に表われ、Sn63、Sn62及び Sn96 が強度大であり、Ag1.5 及び In 入りが強度小であった。
- (3) リード線にアルミを使用した場合、Sn63、Sn62及びAg1.5 ではんだ付すると、どの 温度サイクルにおいても接合部より先にリード線が断線することが多かった。
- (4) 光沢金めっきと無光沢金めっきのせん断強度を比較すると、Sn63とIn入りはんだと も無光沢金めっき供試体の方がせん断強度が大きかった(表 5-4-1~5参照)。

表 5-4-1 温度サイクル開始前のせん断強度

供試体各5本

	使 用	端子及び	リード線/端子					
No.	はんだ	リード線 めっき	コバー/黄銅	軟銅/黄銅	ニッケル/黄銅	黄銅/黄銅	アルミ/黄銅	
		光沢金	33.15 (3.53) {3.38 (0.36)}			35.50 (3.43) {3.62 (0.35)}		
1	Sn63	光沢銀	$\begin{array}{c} 43.\ 05 (7.\ 65) \\ \{4.\ 39 (0.\ 78) \} \end{array}$	44. 42 (0. 98) {4. 53 (0. 10)}	$\begin{array}{cccc} 47.\ 27 & (4.\ 22) \\ \{4.\ 82 & (0.\ 43)\} \end{array}$	49. 13 (3. 43) {5. 01 (0. 35)}	4本はリード線 断	
	Sn63						残り1本は47.17 {4.81}	
		はんだ	$\begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$			$\begin{array}{l} 42.56 (3.24) \\ \{4.34 (0.33)\} \end{array}$		
		光沢金	$\begin{array}{c} 37.85 & (3.63) \\ \{3.86 & (0.37)\} \end{array}$			$\begin{array}{c} 42.\ 07 (4.\ 12) \\ \{4.\ 29 (0.\ 42)\} \end{array}$		
2	Sn62	光沢銀	50.01 (1.27) {5.10 (0.13)}	$\begin{array}{c} 41.\ 78 (1.\ 27) \\ \{4.\ 26 (0.\ 13)\} \end{array}$	$\begin{array}{c} 45.31 & (2.94) \\ \{4.62 & (0.30)\} \end{array}$	51.09 (2.16) {5.21 (0.22)}	全てリード線断	
		はんだ	$\begin{array}{c} 45.50 & (3.24) \\ \{4.64 & (0.33)\} \end{array}$			$\begin{array}{c} 42.17 & (3.92) \\ \{4.30 & (0.40)\} \end{array}$		
		光沢金	38.54 (5.39) {3.93 (0.55)}			$\begin{array}{c} 41.38 & (6.96) \\ \{4.22 & (0.71)\} \end{array}$		
3	Sn96	光沢銀	$\begin{array}{c} 47.\ 37 & (3.\ 92) \\ \{4.\ 83 & (0.\ 40)\} \end{array}$	$\begin{array}{c} 40.\ 99 \ (1.\ 77) \\ \{4.\ 18 \ (0.\ 18)\} \end{array}$	$\begin{array}{c} 45.70 & (1.37) \\ \{4.66 & (0.14)\} \end{array}$	$\begin{array}{c} 41.\ 68 & (1.\ 86) \\ \{4.\ 25 & (0.\ 19)\} \end{array}$	$\begin{array}{c} 38.44 (2.06) \\ \{3.92 (0.21)\} \end{array}$	
		はんだ	$\begin{array}{c} 45.31 & (4.41) \\ \{4.62 & (0.45)\} \end{array}$			45.80 (5.10) {4.67 (0.52)}		
		光沢金	29.42 (2.16) {3.00 (0.22)}			21.38 (3.53) {2.18 (0.36)}		
4	A1 5	光沢銀	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	30.40 (1.18) {3.10 (0.12)}	$28.64 (2.55) \{2.92 (0.26)\}$	28.54 (4.22) {2.91 (0.43)}	2本はリード線 断	
4	Ag1. 5						残り3本の平均 25.79 {2.63}	
		はんだ	$28.15 (3.04) \{2.87 (0.31)\}$			31.68 (2.16) {3.23 (0.22)}		
5	In 入り	光沢金	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			$\begin{array}{c} 24.\ 03 \ \ (0.\ 98) \\ \{2.\ 45 \ \ (0.\ 10) \} \end{array}$	$\begin{array}{c} 27.85 (4.81) \\ \{2.84 (0.49)\} \end{array}$	

左側の数字は平均値、()内は試料標準偏差 (σ n-1)、単位は N/mm² {kg/mm²}

表 5-4-2 温度サイクル 30 回後

供試体各3本

	使 用	端子及び			リード線/端子		
No.	はんだ	リード線 めっき	コバー/黄銅	軟銅/黄銅	ニッケル/黄銅	黄銅/黄銅	アルミ/黄銅
		光沢金	$\begin{array}{c} 39.91 (5.69) \\ \{4.07 (0.58)\} \end{array}$			39.23 (5.59) {4.00 (0.57)}	
1	Sn63	光沢銀	48.54 (2.35) {4.95 (0.24)}	$\begin{array}{c} 41.58 (1.86) \\ \{4.24 (0.19)\} \end{array}$	44.62 (2.84) {4.55 (0.29)}	$\begin{array}{c} 47.\ 17 & (1.\ 77) \\ \{4.\ 81 & (0.\ 18)\} \end{array}$	2本はリード線 断
							残り1本は40.11 {4.09}
		はんだ	$\begin{array}{l} 43.84 (0.20) \\ \{4.47 (0.02)\} \end{array}$			$\begin{array}{l} 45.31 (3.33) \\ \{4.62 (0.34)\} \end{array}$	
		光沢金	33.93 (2.06) {3.46 (0.21)}			$\begin{array}{c} 41.58 (3.82) \\ \{4.24 (0.39)\} \end{array}$	
2	5262	光沢銀	44.91 (6.86) {4.58 (0.70)}	$\begin{array}{c} 46.48 (2.35) \\ \{4.74 (0.24)\} \end{array}$	$\begin{array}{c} 46.88 & (3.53) \\ \{4.78 & (0.36)\} \end{array}$	49.33 (2.26) {5.03 (0.23)}	2本はリード線 断
2	51102						2本はリード線 断 残り1本は46.29 {4.72}
		はんだ	$\begin{array}{l} 44.\ 33 (5.\ 10) \\ \{4.\ 52 (0.\ 52)\} \end{array}$			46.09 (3.73) {4.70 (0.38)}	
		光沢金	$\begin{array}{c} 41.87 (4.51) \\ \{4.27 (0.46)\} \end{array}$			48.44 (6.28) {4.94 (0.54)}	
3	Sn96	光沢銀	$\begin{array}{c} 45.21 & (2.26) \\ \{4.61 & (0.23)\} \end{array}$	$\begin{array}{c} 42.\ 27 & (1.\ 37) \\ \{4.\ 31 & (0.\ 14)\} \end{array}$	$\begin{array}{c} 45.21 & (3.24) \\ \{4.61 & (0.33)\} \end{array}$	43.05 (2.16) {4.39 (0.22)}	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
		はんだ	$\begin{array}{c} 42.86 & (3.33) \\ \{4.37 & (0.34)\} \end{array}$			$\begin{array}{c} 45.50 (4.41) \\ \{4.64 (0.45)\} \end{array}$	
		光沢金	24.52(5.88) $\{2.50(0.60)\}$			18.83 (0.78) $\{1.92 (0.08)\}$	
4	Ag1.5	光沢銀	28.93 (1.96) $\{2.95 (0.20)\}$	29.81 (5.98) $\{3.04 (0.61)\}$	29.22 (2.55) $\{2.98 (0.26)\}$	28.54 (2.16) $\{2.91 (0.22)\}$	 2本はリード線断 残り1本は22.65
-).1.) .2.)					{2.31}
		はんた	$\begin{array}{c} 29.52 & (2.84) \\ \{3.01 & (0.29)\} \end{array}$			$\begin{array}{c} 33.54 (4.41) \\ \{3.42 (0.45)\} \end{array}$	
5	In 入り	光沢金	31.38 (12.26) {3.20 (1.25)}			23.54 (1.57) {2.40 (0.16)}	$\begin{array}{l} 23.73 (3.24) \\ \{2.42 (0.33) \} \end{array}$

左側の数字は平均値、()内は試料標準偏差 (σn-1)、単位は N/mm² {kg/mm²}

供試体各3本

	使 用	端子及び			リード線/端子		
No.	はんだ	リード線 めっき	コバー/黄銅	軟銅/黄銅	ニッケル/黄銅	黄銅/黄銅	アルミ/黄銅
1		光沢金	34.32 (8.04)			38.93 (1.47)	
			$\{3.50 (0.82)\}$			$\{3.97 (0.15)\}$	
		光沢銀	39.42 (1.27)	36.19 (1.18)	40.31 (1.67)	47.56 (4.31)	2本はリード線
	Sn63		$\{4.02 (0.13)\}$	$\{3.69 (0.12)\}$	$\{4.11 (0.17)\}$	$\{4.85 (0.44)\}$	断
1	51105						残り1本は47.17
							{4.81}
		はんだ	34.62 (1.67)			43.35 (4.81)	
			$\{3.53 (0.17)\}$			$\{4.42 (0.49)\}$	
		光沢金	37.27 (3.24)			38.44 (6.28)	
			$\{3.80 (0.33)\}$			$\{3.92 (0.64)\}$	
2	Sn62	光沢銀	42.27 (2.55)	40.21 (5.88)	41.87 (4.41)	44.42 (2.16)	アルミ/黄銅 2本はリード線 断 残り1本は47.17 {4.81} 42.56 (3.63) {4.34 (0.37)} 37.07 (9.02) {3.78 (0.92)} 37.07 (9.02) {3.78 (0.92)} 28.83 (1.47) {2.94 (0.15)}
2	51102		$\{4.31 (0.26)\}$	$\{4.10 (0.60)\}$	$\{4.27 (0.45)\}$	$\{4.53 (0.22)\}$	$\{4.34 (0.37)\}$
		はんだ	38.44 (2.55)			37.07 (1.96)	
			$\{3.92 (0.26)\}$			$\{3.78 (0.20)\}$	
		光沢金	43.15 (3.92)			40.21 (5.69)	
			$\{4.40 (0.40)\}$			$\{4.10 (0.58)\}$	
3	Sn96	光沢銀	40.31 (4.90)	35.70 (2.35)	46.68 (7.06)	38.54 (1.37)	37.07 (9.02)
0	51150		$\{4.11 \ (0.50)\}$	$\{3.64 (0.24)\}\$	$\{4.76 (0.72)\}$	$\{3.93 (0.14)\}$	$\{3.78 (0.92)\}$
		はんだ	36.97 (1.96)			42.86 (2.94)	
			$\{3.77 (0.20)\}$			$\{4.37 (0.30)\}$	
		光沢金	25.50 (2.16)			25.40 (6.96)	
			$\{2.60 (0.22)\}$			$\{2.59 (0.71)\}$	 2本はリード線断 残り1本は47.17 {4.81} 42.56 (3.63) {4.34 (0.37)} 37.07 (9.02) {3.78 (0.92)} 全てリード線断 28.83 (1.47) {2.94 (0.15)}
4	Ag1 5	光沢銀	23.73 (3.92)	26.18 (2.65)	27.26 (2.26)	27.65 (0.59)	全てリード線断
4	Ag1. 5		$\{2.42 (0.40)\}$	$\{2.67 (0.27)\}$	$\{2.78 (0.23)\}$	$\{2.82 (0.06)\}$	
		はんだ	24.52 (2.35)			25.69 (2.26)	
			$\{2.50 (0.24)\}$			$\{2.62 (0.23)\}$	
F	T. 7 10	光沢金	16.77 (5.00)			29.32 (5.30)	28.83 (1.47)
Э	in 入り		$\{1.71 (0.51)\}$			$\{2.99 (0.54)\}$	$\{2.94 (0.15)\}$

左側の数字は平均値、()内は試料標準偏差 (σ_{n-1})、単位は $N/mm^2 \{kg/mm^2\}$

	使 用	端子及び			リード線/端子		
No.		リード線	コバー / 苦铜	 軟锢 / 苦铜	ニッケル/苦銅	苦锢/苦锢	アルミノ苦铜
	はんだ	めっき	二八 / 页婀	刊明/ 页明	ニック / / 英 婀	贞 婀/ 贞婀	//// 東婀
		光沢金	38.34 (3.14)			34.03 (2.16)	
			$\{3.91 (0.32)\}$			$\{3.47 (0.22)\}$	
		光沢銀	32.26 (5.49)	36.77 (3.43)	36.09 (1.67)	41.87 (2.45)	1本はリード線
1	Sn63		$\{3.29 (0.56)\}$	$\{3.75 (0.35)\}$	$\{3.68 (0.17)\}$	$\{4.27 (0.25)\}$	断
-	01100						残り2本の平均
				<			39. 32 {4. 01}
		はんだ	30.69 (4.12)			36.87 (3.14)	
			$\{3.13(0.42)\}$			$\{3.76 (0.32)\}$	
		光沢金	37.85 (4.22)			37.85 (5.79)	
		1. N	$\{3.86 (0.43)\}$			{3.86 (0.59)}	
		光沢銀	38.44 (3.63)	35.50 (1.67)	37.66 (0.78)	43.93 (1.96)	2本はリード線
2	Sn62		$\{3.92 (0.37)\}$	$\{3.62 (0.17)\}$	$\{3.84 (0.08)\}$	$\{4.48(0.20)\}$	断たりませる
							残り14は
		けしだ	25 00 (2 14)	<	<	49.07 (4.09)	39.13 (3.99)
		ILNIC	53.99(3.14)			42.07 (4.02)	
		业况入	$(3.01 \ (0.32))$			$(4.29 \ (0.41))$	
		儿仈壶	$\{3, 65, (0, 42)\}$			$\{40, 60, (4, 41)\}$	
		业识相	(3.03 (0.42))	25 00 (2 62)	29 15 (4 02)	$(4.10 \ (0.43))$	1 オ/ナリー ビ絈
3	Sn06	儿伙敢	$\{3, 50, (0, 34)\}$	$\{3, 67, (0, 37)\}$	$\{3, 80, (0, 41)\}$	$\{3, 00, (0, 14)\}$	1本はリート脉 産り9本の正均
0	51150		[3. 30 (0. 34)]	[0.01, (0.01)]	(0.09 (0.41))	(0.30(0.14))	$3658{373}$
		けんだ	39 13 (3 /3)			42 27 (0.78)	
		12/0/2	$\{3, 99, (0, 35)\}$			$\{4, 31, (0, 08)\}$	
		光沢全	19 52 (3 33)	\sim		19 32 (1 86)	\sim
		767732	$\{1, 99, (0, 34)\}\$			$\{1, 97, (0, 19)\}$	
		光沢銀	$21 \ 38 \ (3 \ 14)$	27 36 (0.98)	24 22 (0 49)	$27 \ 07 \ (1 \ 47)$	1木けリード線
4	Ag1.5		$\{2, 18, (0, 32)\}$	$\{2, 79, (0, 10)\}$	$\{2, 47, (0, 05)\}$	$\{2, 76, (0, 15)\}$	残り2本の平均
-							28.15 {2.87}
		はんだ	23.93 (4.41)			30.00 (2.06)	
			$\{2.44 (0.45)\}$			$\{3.06 (0.21)\}$	
_	T 7 10	光沢金	21.48 (1.86)		\sim	18.14 (1.57)	21.18 (1.77)
Б	In 入り		$\{2.19 (0.19)\}$			$\{1.85 (0.16)\}$	$\{2.16 (0.18)\}$

表 5-4-4 温度サイクル 400 回後のせん断強度

左側の数字は平均値、()内は試料標準偏差 (σn-1)、単位は N/mm² {kg/mm²}

表 5-4-5 無光沢金めっきのせん断強度

No	使用用	端子 及び	端子 及び	温度サイクル			
NO.	はんだ	リード線材質	リード線めっき	0回	30 回	67 回	
6	6 Sn63		無光沢金	55.31 (1.96)	47.95 (3.43)	43.15 (2.16)	
Ũ		娄⁄⁄ 大 李/纪		$\{5.64 (0.20)\}$	$\{4.89 (0.35)\}$	$\{4.40 (0.22)\}$	
7 In 入り	In J D	與婀/ 與婀		48.64 (2.55)	38.25 (3.92)	42.17 (3.43)	
	In 入り			$\{4.96 (0.26)\}$	$\{3.90 (0.40)\}$	$\{4.30 (0.35)\}$	

左側の数字は平均値、()内は試料標準偏差 (σn-1)、単位は N/mm² {kg/mm²}

4.3 導通抵抗値測定の結果

はんだ付部は、熱疲労を受けるとクラックを生じたり、金属間化合物を成長させる。 これらの現象により導通抵抗値が増大する可能性があるため、温度サイクルとの相関 を検定した。

リード線が黄銅、仕上げめっきが光沢金、はんだが Sn63の組み合わせの場合にの み、導通抵抗値がわずかに増加してはいるが、その増加量は温度サイクル開始前で 0.76mΩの導通抵抗値が 400 回後に 0.03mΩだけ微増しているに過ぎず、本試験条件 では導通抵抗値は殆ど変化しないものとみなすのが妥当といえる。

5 評価

表 5-2-4 に示す供試体のせん断強度をもとに、因子1を温度サイクルに、因子2 を夫々はんだの種類、リード線材質及び仕上げめっき、2つを一定として二元配置 の分散分析を行った。

5.1 はんだの種類と温度サイクルを因子とした分散分析

端子及びリード線の材質とめっきの夫々の組み合わせに対して分散分析を行った 結果を表 5・5・1 に示す。せん断強度は、温度サイクル及びはんだの種類に影響される。 温度サイクル数が増すにつれて、せん断強度は低下する。Ag1.5 によるはんだ付は、 Sn62、Sn63 及び Sn96 に比べて強度が小さかった(図 5・5・1A 及び B)。ただし、せん 断強度変化率でみると、図 2・4・11 に示すように、強度低下率は Ag1.5 が最小となっ ており、温度サイクルを重ねると Ag1.5 の方が他のはんだより強度が大きくなる可能 性はある。また、図 5・5・1C より In 入りはんだによる接合強度は、Ag1.5 と同程度で あった。さらに、温度サイクルとはんだの種類との交互作用はコバー上の金めっきを 除いてなかった。

表 5-5-1 はんだの種類と温度サイクルの分散分析

くり返し数:3

リード線材質		コバー		軟 銅	ニッケル		黄 銅	
仕上げめっき	光沢金	光沢銀	はんだ	光沢金	光沢銀	光沢金	光沢銀	はんだ
温度サイクル	0	0	0	0	0	\bigtriangleup	0	0
はんだの種類	0	0	0	0	0	0	0	0
交互作用	\bigtriangleup	×	×	×	×	×	×	×

○は危険率1%で有意、△は危険率5%で有意。×は危険率5%でも有意でない。





C:仕上げめっき/光沢金



図 5-5-1 はんだ種類による温度サイクルと せん断強度(リード線/コバー)

図 5-5-2 せん断強度変化率(リード線:コバー、 仕上げめっき:光沢銀)

5.2 リード線材質と温度サイクルを因子とした分散分析

表 5-5-2

リード線材質と温度サイクルの分散分析

は	h	だ	$\frac{\mathrm{Sn6}}{3}$	$\frac{\mathrm{Sn6}}{2}$	Sn9 6	Ag1. 5
仕上げめっき				光衫	尺銀	
温度	きサイ :	クル	0	0	0	0
材		質	0	0	0	\bigtriangleup
交	互作	用	×	×	×	×

くり返し数3回、〇は危険率1%で有意

△は危険率5%で有意、

×は危険率5%でも有意でない。

In入りを除くはんだ4種と光沢銀めっ きの組み合わせに対して分散分析を行った 結果を表5-5-2に示す。せん断強度は、温 度サイクル及びリード線材質に影響され交 互作用はない。図5-5-2に例を示すが、端 子(黄銅)との熱膨張率の差が一番大きな コバーをリード線に用いた場合は、温度サ イクルによる熱疲労が大きいためせん断強 度の低下が顕著であり、一方、リード線が 端子と同じ黄銅の場合は、熱疲労が少ない ためせん断強度の低下が緩慢である。



A : はんだ : Sn96

B:はんだ:Sn63

図 5-5-3 リード線材質による温度サイクルとせん断強度 (仕上げめっき:光沢銀)

5.3 仕上げめっきと温度サイクルを因子とした分散分析

In 入りを除くはんだ4種とリード線(コバーと黄銅)の組み合わせについて分散分 析を行った結果を表 5・5・3 に示す。温度サイクルの影響をあまり受けていない黄銅間の はんだ付では、Sn63、Sn62 及び Ag1.5 で仕上げめっきの影響が現われた。その例を 図 5・5・4A 及び B に示すが、光沢金めっき供試体のせん断強度が他のめっきと比べて小 さかった。これは図 5・6・2 に示すように、光沢金めっき部をはんだ付すると大きなボイ ドが発生し、はんだ付有効面積が減少したことによると考えられる。また、コバーを リード線に使った場合は、熱膨張率の違いにより温度サイクルの影響を顕著に受け、 Sn62 は仕上げめっきの影響も受けている。これを図 5・5・4 に示すが、Sn62 と光沢銀 めっきのくみ合わせは他のめっきと比較するとはんだ組成がきめ細かくなり大きな強 度を示したと推定される。



B:リード線/黄銅、はんだ/Agl.5 C:リード線/コバー、はんだ/Sn62

図 5-5-4 仕上げめっきと温度サイクルの分散分析

リード線材質 黄銅				コバー				
はんだ	Sn63	Sn62	Sn96	Ag1.5	Sn63	Sn62	Sn96	Ag1.5
温度サイクル	0	\bigtriangleup	\bigtriangleup	×	0	0	0	\bigcirc
仕上げめっき	0	0	×	0	×	\bigtriangleup	×	×
交 用	×	×	×	\bigtriangleup	\bigtriangleup	×	\bigtriangleup	×

表 5-5-3 仕上げめっきと温度サイクルの分散分析

○は危険率1%で有意、△は危険率5%で有意。×は危険率5%でも有意でない。



図 5-6-1 光沢金めっきと無光沢金めっきの せん断強度の比較

れは図 5-6-2 で光沢金めっきに大きなボ イドがあるのに対し、図 5-4-3 のように 無光沢金めっきの場合ボイドが少なく、 小さく分散していることによると考え られる。また、In入りはんだの場合、 Sn63 よりせん断強度が小さくなってい るが、図 5-6-4 に示すように In 入りの場 合、破断面の結晶が大きくなり、粒界で 破壊し易くなったのに対し、図 5-6-5の Sn63 では結晶が小さいままであること によると考えられる。



図 5-6-2 光沢金めっきに Sn63 でのボイド

端子:黄銅、リード線:黄銅 仕上げめっき:光沢金 温度サイクル:320回 使用はんだ: Sn63

ボイドが発生している



図 5-6-3 無光沢金めっきに Sn63 でのボイド

X50

端子:黄銅、リード線:黄銅 仕上げめっき:無光沢金 温度サイクル0回 使用はんだ: Sn63 (引張り試験後)



JREG-0-039-TM001A



図 5-6-4

無光沢金めっきと In 入りはんだでの結晶粒 X600

端子:黄銅、リード線:黄銅 仕上げめっき:無光沢金 使用はんだ:In入り 温度サイクル0回(引張り試験後)



使用はんだ: Sn63

温度サイクル0回(引張り試験後)





破断面付近のはんだの結晶が大きくなら

7 まとめ

熱膨張率の差の大きな材料を接合した場合、温度サイクルの負荷を加えるとはんだ付 接合強度は低下し、外観にシワが現われ劣化する傾向を示した。しかし、今回の試験条 件ではクラックの発生には至らず導通抵抗値が顕著に変化する程ではなかった。

また、光沢金めっきを施すと大きなボイドが生じ、接合強度が低下する傾向があり、 無光沢金めっきにすればボイドが少なくなる。また、使用はんだによっても接合強度が 異なることが明らかとなった。

そこで、低温域温度サイクルの負荷を加えてもはんだ付接合強度を大きく保つために は以下の点に留意する必要があると思われる。

- (1) 接合材料はできるだけ熱膨張率の類似した材料を選定すること。
- (2) はんだ Sn63/Pb37、Sn62/Pb36/Ag2 又は Sn96/Ag4 を使用することが望ましいと思われる。なお、Sn1/Pb97.5/Ag1.5 及び Sn53/Pb29/In17.5/Zn0.5 は製作時から接合強度は小さかった。
- (3) 仕上げめっきには光沢金めっきを使用しないこと。電気性能、保存性等で金めっき を施さねばならない場合は無光沢金めっきとすること。

技術データ6 はんだ付接合の高温特性

目 次

1	はじめに	6-2
2	試験計画	6-2
3	供試体及び試験方法	6-2
4	試験結果	6-3
5	まとめ	6-6

図表一覧

図 6-3-1	供試体の形状	6–2
図 6-3-2	引張試験	6–3
図 6-4-2	光沢銀めっきはんだ接合の 高温保持日数とせん断強度	6-4
図 6-4-1	無光沢金めっきはんだ接合の 高温保持日数とせん断強度	6-4
図 6-4-4	はんだめっきはんだ接合の 高温保持日数とせん断強度	6–5
図 6-4-3	銅めっきはんだ接合の 高温保持日数とせん断強度	6–5

表 6-3-1	供試体の材質及びめっき仕様	6-2
表 6-3-2	使用はんだ	6-2
表 6-5-1	はんだ硬度の変化	6-6

1 はじめに

はんだ付接合部が長期間、高温下に曝された時の接合部強度の変化を試験により評価・検討したものである。

2 試験計画

剪断強度の変化を求めるため、供試体の使用はんだ5種、表面めっき4種を指定し、保持温度を50℃、84℃及び125℃として約半年間の変化の観察を行った。中途測定については錫と相手金属との拡散長が、保持時間の1/2乗に比例すると考えられるため、日数で等分されるように、測定時期を設定した。

なお、測定データの信頼性を得るために各測定時、7本を引張り試験に供することとした。

3 供試体及び試験方法

(1) 供試体の形状、材質、めっき仕様及び使用はんだを図 6-3-1、表 6-3-1 及び表 6-3-2 に示す。

供試体のリードと端子をはんだ付した時に使用したフラックスは、MIL-F-14256タ イプ RMA である。使用した熱源は、48W 自動温度調節型はんだごてであるが、Ag1.5 のはんだ付時のみ熱抵抗はんだ付装置を併用した。

図1



図 6-3-1 供試体の形状

	表	6-3-2	使用はんだ
--	---	-------	-------

はんだ	規格	固相/液相線		
Sn63	QQ-S-571E	183℃		
Sn62	11	177/189°C		
Sn96	11	221°C		
Ag1.5	11	309°C		
In 入り	Sn53 Pb29 In17.5 Zn0.5	135/151°C		

端子/ リード材質	下地めっき	仕上げめっき
黄銅 C2801-1/4H	ニッケル MIN. 2. 5µm	無光沢金めっき 0.5~1.0µm MIL-G-45204B TYPE-1 Grade A 光沢銀めっき
JIS H 3100	QQ-N-290	$4 \sim 9 \mu$ m QQ-S-365B TYPE-II Grade
黄銅	硫酸浴	銅めっき 10μm 以上 MIL-C-14550
C2700W-1/2 JIS H 3250		はんだ 7.5~12.5µm MIL-P-81728 ホウフツ化浴

表 6-3-1 供試体の材質及びめっき仕様

- 6 - 2 -

(2) 試験の方法は、図 6-3-2 に示すように端子側を試験器に固定し、リード線側を毎分 1mmのレートで引っ張り、室温での破断荷重を測定した。 せん断強度は、この破断荷重とはんだ付面積の測定を行い、次式により算出した。

はんだ付面積= (フィレット高さ+端子厚さ)×リード線円周率

剪断強度= 破断荷重 はんだ付面積

(3) 使用した恒温槽は、50℃、84℃、125℃設定で
 熱電対を用いてモニタした結果は、それぞれ 50℃
 ~55℃、83℃~87℃、124℃~126℃であった。



図 6-3-2 引張試験

4 試験結果

- 計測した破断荷重から算出した剪断強度の平均値の変化を図 6-4-1~図 6-4-4 に示す。
- (2) 試験結果から主として、次の事が明確となった。
 - a. 試験時間と共に剪断強度が低下するが、その傾向は温度が高いほど顕著となる。
 - b. Sn96は、他のはんだと比較して、全般に大きな値を示す。
 - c. Sn63 と Sn62 には、大きな差は認められない。
 - d. Ag1.5 は他のはんだと比較すると、低強度であるが試験時間と共に低下する傾向が小さい。
 - e. 金めっき/In入りはんだ/125℃保管の供試体が、最も低下率が大きく約半年後、初期値の50%となった。
 - f. 銀めっき、はんだめっき供試体は、他のめっきのものと比較すると、3種のはんだ(Sn96、Sn62、Sn63)を使用する限り、強度データの平均値は全般にそろっている。



図 6-4-1 無光沢金めっきはんだ接合の 高温保持日数とせん断強度





高温保持日数とせん断強度



5 まとめ

- (1) はんだ継手部が高温下で曝される場合に、どのような工作方法が適切か、前述の試験 結果から明らかになった。
- (2) 別途行った金属顕微鏡観察によると、α固溶体等と他の部分(例、β固溶体等)が高温で、時間の経過によりさらに、組織が粗になっていくことが判明した。
 通常、組織が密になればなるほど強度が増加することを考えると、定性的に強度低下の
 原因の1つであるといえる。その他に金属間化合物の増大も観察され、この化合物層も
 強度低下の1つの原因と推定される。
- (3) その他関連として、表 6-5-1 に示すように、2ケースについてビッカース硬度も合わ せて測定したので補足資料とする。

供試体	初期値	11 日目	45 日目	101 日目	174 日目
125℃ はんだめっき Sn63	10.6	9.7	10.2	9.1	7.8
125℃ はんだめっき Sn96	9.4	12.2	13. 1	13.5	12.0

表 6-5-1 はんだ硬度の変化

n=3 サンプル数 荷重 15g 時間 30 sec.

技術データ7 はんだ付接合のクリープ破断特性

目 次

1	はじめに	7–2
2	試験計画	7–2
3	供試体及び試験方法	7–2
4	試験結果(計測期間6か月)	7–3
5	データの解析(ラーソン・ミラー法による解析)	7–4
6	まとめ	7–6

図表一覧

図 7-3-1	供試体の形状	7–2
図 7-5-1	対数破断時間と絶対温度の逆数の関係	7–5
図 7-5-2	Sn63 主クリープ破断曲線	7–5
図 7-5-3	Sn96 主クリープ破断曲線	7–5
図 7-5-4	Sn63 主クリープ破断曲線 (金めっきと銀めっき)	7–5

表 7-3-1	供試体の材質等	7-2
表 7-3-3	供試体の数量	7–2
表 7-3-2	使用はんだ	7–2
表 7-4-1	クリープ破断特性値	7–3

1 はじめに

はんだ継手部には、予備荷重が加わらないことが重要な点であるが、接合部の寿命を 考察する場合には、クリープ破断に係るデータも必要となる。そのため、本報告では、 最も使用されている Sn63 組成と、銀が混入してありクリープ抵抗性のある Sn96 の2種 のはんだを選定して、試験を行ったのでこれらについての結果を紹介するものである。

2 試験計画

剪断応力、保持温度及び破断時間の関係を得るため温度、応力を各々3、4条件に設定し、かつデータのばらつきを考慮して同一条件のもの各 10 本として以下の試験を行った。

3 供試体及び試験方法

(1) 供試体の形状及び材質等(めっき処理)を図 7-3-1 及び表 7-3-1 に示す。これらの形状に 設定した理由は、実際の端子に近い形状で、テストサンプルの制作の容易性、試験時間の制 約等から来ている。使用した"はんだ"は、QQ-S-571の Sn63、Sn96 である(詳細は表 7-3-2 参照)。供試体のリードと端子をはんだ付した時に用いたフラックスは、MIL-F-14256のタ イプ RMA である。使用した熱源は、48W の自動温度調節型のはんだゴテである。

テストサンプルの総数は、Sn63、Sn96 各々120 本であり、その構成内訳は、表 7-3-3 に 示す通りである。



図 7-3-1 供試体の形状

表	7 - 3 - 2	使用はんだ

はんだ	規格	固相/液相線
Sn63/Pb37	QQ-S-571	183°C
Sn96/Ag4]]	221°C

表 7-3-1 供試体の材質等

端子/リード線					
材質	下地めっき	仕上げめっき			
端子 黄銅 C2801-1/4H JIS H-3100 リード線 黄銅 C2700W-1/2H JIS H-3250	ニッケル MIN. 2.5µm QQ-NQ-290 硫酸浴	はんだ 7.5~12.5 μm MIL-P-81728 ホウフツ化浴			

表 7-3-3 供試体の数量

はんだ			荷	重	
C. C2		10 N	6.9 N	4.9 N	2.9 N
Sn63		{1kg}	{0.7kg}	{0.5kg}	{0.3kg}
S. 00		20 N	14.7 N	10 N	6.9 N
Sn96		$\{2kg\}$	{1.5kg}	{1kg}	{0.7kg}
保 50		各 10 コ	各 10 コ	各 10 コ	各 10 コ
行温	84	10	10	10	10
度 ℃	125	10	10	10	10

(2) 試験の方法は、表 7-3-3の荷重4条件、保持温度3条件として、図 7-3-1に 示すフックへ、相当する分銅を乗せ、3台の恒温槽を使用して試験を行った。破断 時間の計測は、特に破断しやすい供試体の初期においては、15分、30分、1時間 と徐々に測定*1周期を変化させ、接合部へ流した微小電流の不連続を観察すること とした。破断しにくい供試体は、1日に3回~1回の頻度でテスターを使用して接 続状況をモニターした。

*1 使用測定器; 万能デジタル測定器UCAM-6A、 スキャナUSB-50A&20A

4 試験結果(計測期間6か月)

計測した時間データを同一条件のグループにまとめて時系列に並び変え、ワイブル確 率紙へプロットしてデータを解析した。その結果を表 7-4-1 に示す。

落下数の少ない場合は、最尤推定法を使用して各パラメータを求めた。応力平均値は、 破断部のはんだ付面積を計測して該当する荷重に対して除した値としている。しかし、 応力値は、各温度でそれぞれ異なっているが、製造ロットとしては同一であるため特 に区分して時間データを見る必要はないと考えてよい。

はんだ	温 度 ℃	荷 重 N {kg}	応力平均値/偏差 σ _{n-1} ^{*1}	落下数	平均破断 時 間 (μ)	特性破断 時 間 (η)	形状 パラメータ (m)	破断時間 偏 差 (σ)
	50	10 {1}	2. 285/0. 206 {233/21}	5/10	*2 4128	*2 4660	*2 2. 1	*2 2050
	50	6.9 {0.7}	1.677/0.186 {171/19}	2/10	*3 (11000)	*3 (11000)	$^{*3}(1.0)$	*3(11000)
		10 {1}	2.609/0.0755 {266/7.7}	10/10	435	435	1.0	435
	84	6.9 {0.7}	1.638/0.0785 {167/8.0}	8/10	1628	1550	0.9	1860
Sn63		4.9 {0.5}	1. 196/0. 0588 {122/6. 0}	6/10	2972	3350	1.9	1625
	125	10 {1}	2. 206/0. 137 {225/14}	10/10	29	32	1.5	20
		6.9 {0.7}	1.589/0.0569 {162/5.8}	10/10	77	84	1.3	59
		4.9 {0.5}	1.098/0.0843 {112/8.6}	10/10	250	260	1.1	221
		$2.9 \{0.3\}$	0.657/0.0588 {67/6.0}	8/10	1750	1750	1.0	1750
	50	20 {2}	4. 178/0. 147 {426/15}	4/10	*2 3998	*2 4500	*2 2.6	*2 1643
	0.4	20 {2}	4. 678/0. 333 {477/34}	10/10	1644	1850	2.6	675
Sn96	04	14.7 $\{1.5\}$	3. 452/0. 177 {352/18}	2/10	*2 5709	*2 6400	*2 1.7	*2 3328
	125	20 {2}	4. 246/0. 157 {433/16}	10/10	38	36	0.9	42
		14.7 $\{1.5\}$	3. 256/0/108 {332/11}	10/10	182	205	*2 2.0	95
		10 {1}	2.069/0.069 {211/7}	9/10	1141	1250	*2 1. 4	825

表 7-4-1 クリープ破断特性値

*1 単位: N/mm² {g/mm²}

*2 最尤推定法により求めた値 (Method of maximum liklihood.)

*384℃、125℃のm値から平均して約m≒1とした場合の値

5 データの解析(ラーソン・ミラー法による解析)

.

クリープ変形は、高速論によると次式により表現される。

$$\epsilon = Ae^{-Q(S)/RT}$$
(1)

A; 定数 R; ガス定数 T; 絶対温度 S; 応力 Q(S); 活性化エネルギー

クリープ破断時間は、破断までのクリープひずみ速度の総和によって決まると考えられるので、(1)式は次のように書き直すことができる。

 $1/tr = Ae^{-Q(S)/RT}$ (2)

tr; クリープ破断時間

さらに上式を変形すると一定応力に対して、次式を得られる。

 $T(C+\log tr)=Q(S)/2.3R=-定$ (3)

なお、C=log A なる定数で応力一定のときのみCの値が決定されるが、ラーソン、 ミラーらの検討によると、C値は応力と材料によって不変として整理されている。

さて(3)式においてTと tr の関係をみるため、

log tr と 1/T をプロットすれば直線関係が得られる、よってこの関係がグラフ上でほぼ 直線近似できるか否かを見るため、表 7-4-1のデータを図 7-5-1の通りまとめた。

C 値は、1/T=0 のときの log tr=-C から求められる。

図 7-5-1 が示すように、ほぼ直線で近似されることが判明したため、次に破断応力 をパラメータ T (7.2+log tr) についてプロットした。プロットすれば試験温度にか かわらず1つの曲線で表現できるメリットがある。使用はんだ Sn63 の場合のデー タをプロットした例が、図 7-5-2 である。また Sn96 の場合も図 7-5-1 と同様にプ ロットしたが、C 値に大きな差がないため、同一 C 値として T(7.2+log tr)をパラメー タとしたプロットが図 7-5-3 である。

図 7-5-2 及び-3 の各平均値は、ほぼ直線で近似されることが妥当であるといえる。

また、両図には全データをプロットして得られた下限包路線と、+1 σの線を示した。 図 7-5-2 および-3 のグラフの上側のグラフは、各種温度条件下で、目標とされる破断時 間を満足させる応力が、どの程度になるかを現わすために作成したものである。実際 的にはこのグラフが有効となる。

金めっき及び銀めっきの供試体について別途実施した常温クリープ破断データを図 7-5-2の直線にどの程度、合うか見るためにプロットしたものが図 7-5-4 である。

仕上げめっきが異なるが、銀めっきサンプルのものについては、大変よくこの直線に 近似できることが判明した。金めっきサンプルについては、クリープ特性が悪いことも この図から言えよう。 (注:1g/mm²=9.80665×10⁻³ N/mm²)





Sn63 主クリープ破断曲線 図 7-5-2

(注: $1 \text{ g/mm}^2 = 9.80665 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$) 10 5 クリーブ破断時間(HR) 104 103 応力 g/m +10 百千均值 1000 下限包絡線 100 3000 3500 4000 4500 T (7.2+logtr)

図 7-5-3 Sn96 主クリープ破断曲線

(注: $1 \text{ g/mm}^2 = 9.80665 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$) ○:光沢金メッキサンプル 0.7μm 銀メッキサンプル 銀メッキサンプル 2 μm 開設 0.2 mm 試験条件 常温 図80-3のデータ転記 1000 応力 g/mu² 100 2500 3000 3500 $4\,000$ T(7.2+log tr)

図 7-5-4 Sn63 主クリープ破断曲線 (金めっきと銀めっき)

図 7-5-1 対数破断時間と絶対温度の逆数の関係

6 まとめ

今後、はんだ付部のクリープ抵抗性が要求される場合は、以上のデータ等から Sn96 の 組成のものがより優位であることが判明したので、適宜使用されることが望ましい。ま た、はんだめっき、銀めっきに比較して金めっき(予備はんだ付無)仕上げのものは、 クリープ抵抗性が低いことが判明したので、長寿命を要求されるはんだ付については、 十分に注意することが必要である。そのため、適切に金めっきの除去(ウィッキング又 は機械的除去)を行うよう、あらためて強調したい。

ワイブル解析して得られた平均破断時間を、クリープ変形理論の1つによって合理的 にまとめることが出来たが、ワイブル解析によって得た形状パラメータmがあまり均一 な値にそろっていないことがわかり、データの分布形についての考察がさらに必要なこ とがわかった。(表 7-4-1のm値が温度又は応力について規則性が認められないため、試 験条件やテストサンプルの改良要素が残っていることが推察できる。)Sn63の場合であ るが、破断部位が、温度条件によって、あまり変化もなく、リード線に平行した部分と なっている。そのため、サンプルは破断面観察からもほぼ、均質な作業が行なわれたこ とが推定され、また温度条件がきびしくなっても、破断部分の変化が起きないことも予 測される。しかし、Sn96の場合は、50℃の場合と同様の破断部位となるが、温度が上 がると、端子面からの剥離やフィレットの約45°方向への破断を生じ、モードの変化が 認められるので、はんだ付作業の改良要素や、高温保管中に生成する金属間化合物の影 響やはんだ組織の変化等も考えられる。

技術データ8 プリント配線板組立の標準修理方法

目 次

1	はじめに	8-2
2	供試体	8-2
2.	.1 使用部品等	8-2
3	試験	8-5
4	結果	8-7
5	評価	8-9

図表一覧

図 8-2-1	部品リードを端子とした導線取付	8–3
図 8-2-2	回路を沿わせ座とした部品取付	8-4
図 8-2-3	中継座による部品取付	8-4
図 8-2-4	ジャンパー線を使用した回路変更	8-5
図 8-2-5	ストラップ線による回路変更	8-5
図 8-3-1	試験フロー	8-5
図 8-3-2	温度サイクルパターン	8-6
図 8-3-3	振動レベル	8-6
図 8-4-1	部品リードを端子とした導線取付 B	8-7
図 8-4-2	回路を沿わせ座とした部品取付 A	8-7
図 8-4-3	中継座による部品取付	8-8
図 8-4-4	ストラップ線を使用した回路変更	8-8
図 8-4-5	ジャンパー線による回路変更	8-8
図 8-4-6	導通抵抗値の変化	8-9

1 はじめに

はんだ付部の修理を通常行為として行うことは、当該部分及び周辺部分へ悪影響を及ぼ す可能性が高いので認め難い。しかし、部品をプリント配線板に取付け終った段階で、は んだ付不具合が発見された場合や設計変更があった場合に、プリント配線板ごと廃棄する ことはスケジュール面及びコスト面に大きな影響を与えることがある。そこでやむを得ず 最少範囲の修理を施す場合の指針が必要になる。

本報告では遭遇する可能性のあるはんだ付修理法を取り上げ、供試体を制作し、温度サイクル及び振動を負荷して評価した結果を述べる。

2 供試体

供試体は以下の5種類の修理法を1枚のプリント配線板に適用したものである。

- (1) 部品リードを端子とした導線取付、試料数計 16 点。(図 8-2-1 参照)
- (2) 回路を沿わせ座とした部品取付。試料数計 22 点。(図 8-2-2 参照)
- (3) 中継座による部品取付。試料数7点(図 8-2-3 参照)
- (4) ジャンパー線を使用した回路変更。試料数 14 点。(図 8-2-4 参照)
- (5) ストラップ線による回路変更。試料数10点。(図 8-2-5 参照)

2.1 使用部品等

- プリント配線板(NASDA認定、エポキシ樹脂含浸ガラス織布両面板) 160 mm×160 mm×1.6 mm
 - a. 回路 1.3 mm(沿わせ実装用)及び 0.25 mm
 はんだめっき厚 8~20 µ m
 - b. スルーホール ・銅めっきスルーホール $0.9 \text{ mm} \phi$ 及び $1.1 \text{ mm} \phi$ はんだめっき $8 \sim 20 \ \mu \text{ m}$

・一般穴 1.0 mm φ

- (2) 中継座
 5 mm×10 mm×50 µm (フレキシブルポリイミド片面銅箔板)
 銅箔 35 µm
- (3) 電気部品 (ソリッド型固定抵抗器)
 - a. ERC-14G 2.3 mm $\phi \times 6.4$ mmリード線(軟銅) 0.6 mm ϕ b. ERC-12G 3.5 mm $\phi \times 9.5$ mmリード線(軟銅) 0.8 mm ϕ

(4) ジャンパー線及びストラップ線

a. ジャンパー線(ポリイミド焼付線 AWG26(NASDA認定品))
 標準外径 0.80mm φ 標準導線径 0.48mm φ

b. ストラップ線(はんだめっき軟銅線、線径 $0.5 \text{ mm}\phi$)

(5) はんだ

Sn63(QQ-S-571 E)

- (6) 接着剤
 - a. 中継座及び抵抗器固定用 エピコート 828/バーサミド 125
 - b. ジャンパー線固定用 ソリタン 113/C113 -300
 ジャンパー線の固定は、はんだ付部より 10 mm 付近とし、その他は 25mm を こえない間隔とした。



A: 部品実装面側での取付



B: 部品実装面の裏面での取付

図 8-2-1 部品リードを端子とした導線取付

〔試料数12点〕



A: 部品実装 面側 での 取付



B: 部品実装面の裏面での取付

図 8-2-2 回路を沿わせ座とした部品取付



〔試料数7点〕





〔試料数14点〕

図 8-2-4 ジャンパー線を使用した回路変更



図 8-2-5 ストラップ線による回路変更

3 試験

2項の供試体について、図 2-7-6 に示す試験フローに従い、環境試験及び評価試験を実施した。



図 8-3-1 試験フロー

ここで、温度サイクルは NHB5300.4(3A-1)の立証要求を参考にし、振動レベル はGMS-2のシステムQTレベルとMOS-1のコンポネントQTレベルの合 成値とした。



図 8-3-2 温度サイクルパターン



図 8-3-3 振動レベル

4 結果

外観は、図 8-4-1~5 に示すように、温度サイクル及び振動負荷後も製作時とほとんど 変化がなかった。また、導通抵抗値も図 8-4-6 に示すように、変化量が最大の「回路を沿 わせ座とした部品取付(図 8-2-2)」の場合でも、平均 0.073mΩ、個別最大 0.14mΩと ごくわずかであり、電気的にも問題がなかった。



[製作時]

[振動試験後]





 [製作時]
 [振動試験後]

 図 8-4-2
 回路を沿わせ座とした部品取付
JERG-0-039-TM001A



[製作時]

[振動試験後]

図 8-4-3 中継座による部品取付



[製作時] [振動試験後] 図 8-4-4 ストラップ線を使用した回路変更





[振動試験後]





図 8-4-6 導通抵抗値の変化

5 評価

4項の結果より本修理法は正しい手順により実施されれば、良好なはんだ付であるこ とが立証された。

しかし、修理行為はあくまでスケジュール面及びコスト面の制約により、やむを得ず 行う行為であるので、以下の点に十分配慮する必要がある。

- (1) 工程仕様書で作業手順を明確にし、作業者へ作業内容を徹底すること。
- (2) 部品が組み付いた状態でプリント配線板に新たに穴開け作業をする際は、周辺部品 を損傷させないこと。また、加熱中に周辺部品への熱損傷に注意すること。
- (3) 接合面のはんだ付性を確保すること。
- (4) はんだ付後の洗浄は、当該部分だけでなく、周辺部分も清浄にすること。
- (5) ジャンパー線等は適切に固定し、振動による損傷を防止すること。

技術データ9 はんだ付接合の疲労特性

目 次

1	はじめに	9–2
2	はんだの疲労	9-2
З	はんだ接合部信頼性設計フロー	9–3

図表一覧

図 9-2-1	熱サイクル	9-2
図 9-3-1	はんだ接合部信頼性設計フローチャート	9–4

表 9-3-1	信頼性設計のパラメータ	

1 はじめに

はんだ接合部の信頼性を支配する1つの要因として、熱疲労がある。はんだ接合部に 対して、素子の発熱・冷却や環境の温度変化の繰り返しによって熱ひずみが加わり、最 終的には疲労破壊してしまう。この熱疲労は温度の変化によって起こるので、材料強度 の温度依存性や高温での原子の拡散、組織変化などの影響を受けるため、一定温度の機 械的疲労と比較してきわめて複雑である。

疲労破壊は実装の高密度化にともなって接合部が微細化し、はんだ接合部不良として 最も多く、はんだ接合部の信頼性に対して最も注意すべき破壊である。

2 はんだの疲労

はんだ接合部の疲労は、環境の温度変化、電子機 器の電流の断続に伴う温度変化によって生じる塑性 変形によって引き起こされる。疲労の結果、はんだ 継手にクラックが入り、電気的接続が断たれるよう な、いわゆる接触不良が発生する。組成が違えば、 まったく異なる疲労挙動を示すことがある。接合部 の疲労によるクラック発生は、はんだ付けされる部 品の自重等の荷重が加わるとさらに影響を受ける。

図 9-2-1 は、鋼板(厚さ 1mm)に直径 1.2mm の孔を あけ、直径 1mm の銅線を共晶はんだではんだ付けし、銅線の 軸方向に荷重をかけ、30℃と120℃の熱サイクル(周期3時間) 疲労試験をおこなった結果で、破断確率 50%と 95%の領域を

示した。荷重 0.2N では、1000 サイクル後に 2.5%の破片は破断した。





このような低サイクル疲労の解析に、次式に示す Coffin-Manson 則によって評価することができることが知られている。

$$N = K \bullet (\Delta \varepsilon \rho)^{-n}$$

(1)

ここで、K、nははんだ材料や環境などによって決まる材料定数を、Δερは塑性ひずみ振幅を示す。この式では、塑性ひずみ振幅が大きければ、はんだ接合部の疲労寿命はひずみのn 乗に比例して低下することを表している。

また、このひずみ振幅と疲労寿命の関係は、はんだ接合部の使用環境に影響され、その効果 を考慮したものを次式(Coffin-Mansonの修正式)のように表すことが知られている。

$$N = C \bullet f^{m} (\Delta \varepsilon \rho)^{-n} \exp\left(\frac{Q}{kT \max}\right)$$
(2)

ここで、C、m、nは材料定数、f は繰り返し周波数、 $\Delta \epsilon \rho$ は塑性ひずみ振幅、Q は活性 化エネルギー、k はボルツマン定数、Tmax は使用最高温度を示す。すなわち、はんだの疲 労(寿命)はひずみの大きさ、温度、繰り返し周波数に依存することが分かる。

はんだ接合部の信頼性を確保する上では、はんだの疲労に関する使用環境、寿命を良く 考慮した上の接合部の設計が重要となる。

3 はんだ接合部信頼性設計フロー

はんだ接合部信頼性設計の全体の評価手順を表した信頼性設計フローを、図 2-8-2 に示 す。この設計フローは、設計したはんだ接合部に対する許容寿命を評価して、要求される 設計寿命との比較を行い、設計の合否判定を実施するまでの手順を示している。設計フロー を進めるに当たって、必要となる項目について、表 9-3-1 に示す。表中のパラメータは接 合部の設計変数であり、設計の合否判定の結果が設計寿命を満足しない場合には、これら のパラメータを変えて再検討を実施する必要がある。

	はんだ接合部の要求寿命年数Y(年)
	はんだ接合部に加わる温度範囲ΔT(℃)
設計条件	温度範囲の最高温度Tmax (℃)
フィールド条件	温度の一日当たりの繰返し回数f (cycles/d)
	温度の立ち上がり時間tr(s)
	信頼度R(%)
	パッケージの外形寸法、内部構造(シリコンチップ、ダイパッド)
	リード形状
进 生 冬 伊	基板厚さ、その内部構造
悟 垣禾件	はんだ接合部形状(はんだフィレット形状)
	パッケージと基板の接着の有無
	ヒートシンクの有無
	パッケージ封止樹脂、シリコンチップ、ダイパッド、リード、基板の縦弾
	性係数、
材料特性	ポアソン比及び線膨張係数
	はんだの縦弾性係数、ポアソン比、繰返し応力・ひずみ特性及び疲労強度
	特性

表 9-3-1 信頼性設計のパラメータ



図 9-3-1 はんだ接合部信頼性設計フローチャート

【参考文献】

(1) R.J KLEN WASSINK "Soldering in Eliectronics", 121(1986) 日刊工業新聞社

技術データ10

はんだ付検査・判定の良否判定基準の見方(スルーホール実装部品)

目 次

1 (はんだ	ご付外観状態と信頼性評価試験結果 1	0–3
1.1	1 (はじめに	0–3
1.2	2 1	評価用サンプル製作 1	0–3
1	1. 2. 1	評価サンプル A 1	0–3
1	1.2.2	評価サンプル B 1	0-8
1	1.2.3	はんだ付部の初期外観判定 10	-12
1.3	3 7	試験条件	-13
1	1.3.1	熱衝撃試験	-13
1	1.3.2	評価試験フロー	-14
1	1.3.3	外観観察(光学顕微鏡写真) 10	-15
1	1.3.4	はんだ付部の断面観察 10	-15
1	1.3.5	スルーホール挿入部品における評価結果 10	-16
1	1.3.6	はんだ表面の SEM/EDX 観察結果 10	-26
1	1.3.7	まとめ10	-28
2 1	はんだ	ご付検査・判定基準の見本 10	-29

図表一覧

¥	10-1-1	評価用基板	0-4
义	10-1-2	基板概略図10	0-4
¥	10-1-3	PWB 組立品製造フロー1(0-6
¥	10-1-4	フローソルダリング温度プロファイル1(0-7
义	10-1-5	リフローソルダリング温度プロファイル1(0-7
义	10-1-6	組立実装状態外観10	0-7
义	10-1-7	スルーホール実装評価用基板1(0–8
义	10-1-8	PWB 基板概略図 (スルーホール実装,表面実装各 2 枚取り)10	0-9
义	10-1-9	PWB 組立品製造フロー 10-	-11
义	10-1-10	PWB 組立実装状態 10-	-12
义	10-1-11	熱衝撃試験装置(株式会社ロバート製)10-	-13
义	10-1-12	試験槽への評価サンプル設置状態10-	-13
义	10-1-13	評価試験実施手順10-	-14
义	10-1-14	表面光沢(1000 サイクル経過後比較) 10-	-19

図 10-1-15	濡れ(2000 サイクル経過後比較) 10-19
図 10-1-16	表面状態:ユズ肌(500 サイクル経過後比較) 10-20
図 10-1-17	表面状態:シワ(2000 サイクル経過後比較) 10-20
図 10-1-18	段差(500 サイクル経過後比較) 10-21
図 10-1-19	ピット(500 サイクル経過後比較) 10-21
図 10-1-20	抵抗 RLR05C 相当
図 10-1-21	抵抗 RNC55 相当 10-23
図 10-1-22	コンデンサ CKS06 相当 10-24
図 10-1-23	DIP IC 10-25
図 10-1-24	ユズ肌部の外観10-26
図 10-1-25	ユズ肌部 EDX 分析結果 10-27

表 10-1-1	挿入実装タイプ部品1	0–5
表 10-1-2	はんだの仕様1	0–5
表 10-1-3	ポストフラックスの仕様1	0–5
表 10-1-4	フローはんだ付け作業条件1	0-6
表 10-1-5	挿入タイプ実装部品1	0–9
表 10-1-6	使用はんだの仕様10	-10
表 10-1-7	リード部品:手はんだ付け作業条件10	-10
表 10-1-8	外観判定分類10	-12
表 10-1-9	外観観察対象サンプル(〇:観察対象, ×:観察対象外)10	-15
表 10-1-10	クラック発生状況(外観観察)10	-17
表 10-1-11	クラック発生状況(断面観察)10	-18

1 はんだ付外観状態と信頼性評価試験結果

1.1 はじめに

宇宙機のはんだ付の良否判定基準等に関しては、宇宙用はんだ付工程標準(JERG-0-039) 及び宇宙用表面実装はんだ付け工程標準(JERG-0-043)が適用されている。

これらの基準は全てのはんだ付けの良否判定基準を明確に示すものではなく、良否判定 は検査員の技量等に依存している。さらに近年、実装基板の多層化が進展し、従来の実装 基板より熱容量が増加し、外観状態に様々な事象が発生し、これまでの判定基準では対応 が困難な場合が発生している。

このため、スルーホール実装した部品の評価サンプルを用いて、宇宙用はんだ付工程標準(JERG-0-039)の参考となるような写真類を整備すると共に、多層基板に対する良否判定基準の検討を信頼性評価試験(熱衝撃試験,外観確認及び断面観察)と共に実施することにより、接合部信頼性評価に基づいた良否判定の参考となる写真の充実を図り、工程標準類の質の向上を図るものである。

1.2 評価用サンプル製作

1.2.1 評価サンプルA

1.2.1.1 基板

評価用プリント基板は、宇宙航空研究開発機構(以下JAXAという)の認定仕様で製作した。 なお、基板層数を2層、8層の2種類にすることにより熱容量差を設け、実製品の仕上がり実 態を反映する様に考慮すると共にスルーホール部品と表面実装部品を混載実装する設計とし ている。

材料	:ガラスエポキシ(FR-4)
表面処理	:はんだレベラー
板厚	:t=1.6mm
外形	:190mm \times 280mm
層数	:2層、8層の2種類
パッド仕様	:JERG-0-042 及びJERG-0-043 に準拠

評価用基板概略を図10-1-1及び図10-1-2に示す。



図 10-1-1 評価用基板

· · · ·																												1
								19								ĕ 1												
							٠		••		٠	•	٠	•	• •	81	•		••			••						
						9	:		: :		:	:	:	:	11	9.4	:				-						1000	
				10		8 1					•					81			-		-							
							•				•	•	•	•		ë 1	•											
• • • •	• •			•	•	•	•		••		•	•	٠	•	••		•	••		••		G	•••	•••				
	• •			• •	•		•		••			•		•			•											
		100000					•		••		٠	•		•	••		•											
							•		••		•	•	•	•	••		٠						10.0	2.2		0.1		
									••			•					•			••	••		••			٠	•	
							•		••		٠	•	•	•	••				3								•	
							•		••		•	•		•	••		•		32									
100000 0	munu	0000000	11111111									•		•					18		-						÷.	
									2			1226	37		223	23			10									(100
		IIIIIIII		1						2	•								- 01									190
											•		20		0.00	0												
		• •		•																								
inning in				11									. 1					12223		1200		122		22		223		
												- 555.005 - Y										-	44	232			33	
		100000	110100									8				6						-						190
											•••	2				62							10					(1)(
		11111111	10000									2				8											-	
												8		2023	6.02													
									•••	••••		5 - C		••••		8												
									••	•••	•••	2		•••	••••	8									11		10	
10000									•••	•••		8				82						-	0.00	-	- 0 C		100	
112010010			-																									
	••									•••	••••	8			••••	8.												
					•	•••	•		••	•••	•••	8				Ŭ.												
					•	•••	• •		••																			
			-		٠		• •	2				30 										•	•	•			• /	{
											•••	8				62											. /	

図 10-1-2 基板概略図

k

1.2.1.2 電気部品

挿入実装評価に供試する挿入タイプ実装部品を表 10-1-1 に示す。挿入実装タイプ評 価部品は、外形形状、材質として製品を模擬する代表的な特徴のある部品として、キャ パシタセラミック、レジスタメタルフィルム3種及びDIP ICの合計5種17点/ 1基板を選択した。

表 10-1-1 挿入実装タイプ部品

部品タイプ	品名	代表部品型名	外径寸法 mm	実装個数/基板
挿入実装	キャパシタセラミック	NASDA CKS06相当	5.08 × 2.54 × 5.08	1
	レジスタメタル	RLR05C相当	長さ3.81mm	5
	フィルム		幅 <i>ф</i> 1.68mm	
		RNC55相当	長さ6.35mm	5
			幅 <i>ф</i> 2.77mm	
		RLR07C相当	長さ6.35mm	5
			幅 <i>ф</i> 2.29mm	
	DIPIC	_	2.54mmピッチ16ピン	1

1.2.1.3 はんだ

フロー用はんだ材およびポストフラックスの仕様をそれぞれ表10-1-2、表10-1-3に示 す。

表 10-1-2 はんだの仕様

ANSI/J-STD-006相当									
合金組成[wt%]	63Sn/37Pb								

表 10-1-3 ポストフラックスの仕様

	ポストフラックス
フラックスタイプ	RMA
	(RO-L1)
ハロゲン含有量[wt%]	0.0
比重(25°C)	0.869

1.2.1.4 部品はんだ付実装

図 2-9-3 PWB 組立品製造フローに実装プロセスを記載する。挿入部品の実装は、先 に、表面実装部品をクリームはんだ印刷、部品搭載、窒素雰囲気での加熱が可能な温風 加熱方式のリフロー炉によるリフローソルダまでを一連の実装ラインで実施し、フラッ クス洗浄をバッチタイプの洗浄機にて炭化水素系溶剤を用いた自動洗浄を行なった。そ の後の挿入部品の実装プロセスは、部品予備はんだ、リード成形、部品挿入を手作業に て実施し、フローソルダは噴流式機械はんだ付け装置を使用し実施した。温度プロファ イルのパラメータは、1.2.1.4.2 評価用サンプル製作条件項に示すように、サンプル搬 送スピード、加熱時間を変更し対応した。

1.2.1.4.1 製作フロー

本試験に供した PWB への部品実装の製造の手順を図 10-1-3 PWB 組立品製造フ ローに示す。



図 10-1-3 PWB 組立品製造フロー

1.2.1.4.2 評価用サンプル製作条件

評価用サンプルのはんだ付仕上がり外観状態にバラツキを発生させる目的で JERG-0-039に示された許容範囲内で、5種類作業条件を設定し、各5枚製作を行っ た。製作する条件は表 10-1-4 の通りである。

なお、プロファイルは、宇宙用表面実装はんだ付け工程標準(JERG-0-043)に記載の標準プロファイル範囲内で図 10-1-4 に示す設定をしている。

条件	リフ	D—	フロ	J—
	面部品実装	プロファイル	挿入部品実装	プロファイル
1	有り	A	有り	Α
2	有り	А	有り	В
3	有り	В	有り	А
4	有り	С	有り	В
5	無		有り	Α

表 10-1-4 フローはんだ付け作業条件

注) 作業手順は、リフローソルダリング後、挿入部品を実装し、フローソル ダリングを実施した。





図 10-1-4 フローソルダリング温度プロファイル





図 10-1-5 リフローソルダリング温度プロファイル

1.2.1.5 供試組立基板枚数及び部品点数

組立基板枚数は、2層基板:30枚,8層基板:30枚の合計60枚である。
信頼性評価試験投入数 : 基板枚数17枚、部品点数289点
図 10-1-6 に部品はんだ付け実装状態を示す。



図 10-1-6 組立実装状態外観

1.2.2 評価サンプルB

1.2.2.1 基板

基板仕様は下記の通りである。基板層数を2層、8層の2種類にすることにより熱容 量差を設け、実製品の仕上がり実態を反映する様に考慮した。

材料	:ガラスエポキシ(F R-4)
表面処理	:はんだレベラー
板厚	: $t = 1$. 6 mm
外形	: 2 0 0 mm \times 2 0 0 mm
層数	:2層、8層の2種類
· • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	

パッド仕様 : JERG-0-042 及び JERG-0-043 に準拠

評価基板の概略を図 10-1-7、図 10-1-8 に示す。



図 10-1-7 スルーホール実装評価用基板

(manual states)				_																							
0					(2	ŝ	8	8	8	0	0)					0	2	2	0	0	0	0	/	Ν	
1	00	00	• •	•	••	•		Ť		v			00		00			• •	•	•	۰	•	ø				
1	00	00		•	••	0	0	0	0	0			00		00	00			۰	۰	۰	۰	•				
	00	00	• •	٥						~			00		00		•	• •	•	•	•	°	•				
	00	00		0		ō	ē	ē	ě	ä			00		00	00		0.0	ő	ě	ő	ő	ē				
1		00		ō	00		:			ŝ			00		00	00	٠		8	ŝ	8						
0	000	0000	,		Ċ	•	۰	0	0	0	0	0		000				0	٥	۰	•	0	•	ο			
	000	0000	, ,			8	ŝ	ŝ	ŝ	ô				000	000				00	8	8	8	8				
						•	•	¢	0	0								-	۰	٥	۰	٥	٥				
						8	8	8	0	8	8								ŝ	0	8	8	0	2			
	000					8	000	000	000	000	000							č	000	000	000	ě	00	00			
	000					õ	ê	ŝ	õ	8	8					Š	~~	ž	ě	ě	ě	ě	8	00			
0					Č	0					0	0		000	000	0	00	ం						0			
}	,											<u>+</u>															
0					c	5					0	0						0						0		ΙU	200)
6			۵					55	3	00							0							•			
•			0					6	3	00												83		•			
8	8	8	8	8				80	3	88			8	8	8	8	8							•			
								00	3	00				_	_	-	-					E3	8	•			
-								DE	1	00					8		5						60				
0					C						0	0						0						0			
8		8	8	8		00		60					8	8	Η	8	8		0	۵	80	3		•			
l e	. 8	ы	п	1		00		60					п	п		п			0	0	00			•			
Ē	ŏ	ō				80	3	88		00			ö	ö		8	ö		01	D	00						
	۵			۵		81	3	00		0 0			8						0	٥	50	,		.			
	0		۵			50	2	DD		00									01	٥	20						
0					0						0	0				-	-	0						0		V	
						_				_																	

図 10-1-8 PWB 基板概略図 (スルーホール実装,表面実装各 2 枚取り)

1.2.2.2 電気部品

プリント基板へ実装する電気部品を表 10-1-5 に示す。

挿入実装タイプの評価部品は、レジスタメタルフィルム2種、キャパシタセラミック 及びDIP ICの合計4種を選択した。選定においては、外形形状、寸法、材質とし て製品を模擬する代表的な部品を選定した。

リード部品(4種:18点/PWB)

実装 形態	部品	部品規格(仕様)	外形寸法[mm]	実装数 /1基板	備考
リード	抵抗(2種)	①RLR05C 相当(MIL-R-39107)	$3.81 \times \phi 1.68 \times \text{D0.41}$	5р	1/8w
部品	(レシ`スタメタルフィルム)	②RLR07C 相当(MIL-R-39107)	$6.35 imes \phi$ 2.29 $ imes$ D0.64	5p	1/4w
(4種)	コンテ゛ンサ	③NASDA CK06相当	7.62 × 2.54 × 7.62	5р	CK06
全18点	(キャパ゜シタセラミック)	(NASDA-OTS-3914/102)	× D0.74		
	dip IC	④ -	2.54mmビッチ16pin	3р	-

表 10-1-5 挿入タイプ実装部品

1.2.2.3 はんだ材

評価基板サンプルの製作に使用したはんだ材を表 10-1-6 に示す。 ※ はんだ材は、J-STD-006 相当。

	糸はんだ (手はんだ用)
フラックスタイプ	RMA(RO-L1)
合金組成〔wt%〕	Sn63/Pb37

表 10-1-6 使用はんだの仕様

1.2.2.4 部品はんだ付実装

スルーホール実装用評価基板サンプル(2層板/8層板)への部品実装は、全てはんだ だ鏝による手はんだ付であり、その条件は、1.2.2.4.1項,製作フローを1.2.2.4.2項 に示す。

また、部品実装後のスルーホール実装用評価基板サンプルを図 2-9-10 PWB 組立実装 状態に示す。

1.2.2.4.1 評価基板サンプルの部品実装加熱条件

評価基板サンプルの各部品実装加熱条件を表 10-1-7 に示す。 ※スルーホール実装評価基板(リード部品)サンプルは各5条件(〇印)を設定。

コテ先	加熱	а	b	С
設定	温	標準	長い①	長い②
1	低い	0		
2	標準	O(Ref)	0	0
3	高い	0		

表 10-1-7 リード部品:手はんだ付け作業条件

注)Refは、標準作業条件を想定した設定

1.2.2.4.2 評価基板サンプルの製作フロー

評価基板サンプルは、JERG に準拠した宇宙機器工事仕様書に基づき、図 10-1-9 PWB組立品製造フローに従い製作した



図 10-1-9 PWB 組立品製造フロー

1.2.2.5 供試組立基板枚数及び部品点数

組立基板枚数は、2 層板:25 枚、8 層板:25 枚の合計 50 枚である。
 信頼性評価試験投入数 : 基板枚数 25 枚、部品点数 450 点
 図 10-1-10 に組立実装後の評価基板を示す。



図 10-1-10 PWB 組立実装状態

1.2.3 はんだ付部の初期外観判定

作製したサンプルにおいて、外観判定を行い、以下の基準で分類した。

表	10-1-8	外観判定分類
11	10 1 0	

1		
	外観判定	基準
	良品	JERG-0-039の外観基準を満足している。
	評価対象品	JERG-0-039の外観基準で良否判定に迷う事象がある。
	不良品	JERG-0-039の外観基準を満足していない。

1.3 試験条件

1.3.1 熱衝撃試験

試験条件は、JERG-0-039: 温度サイクル試験とJERG-0-043: 熱衝撃試験と異なっているが、JERG0-043 4.4 工程の認定試験項に記述されている通り、熱衝撃試験による評価は、温度サイクル試験と同等の厳しさ(互換性があり)である事が確認されている事から、熱衝撃試験(II)の温度 -30° ~+100°C, 上限下限温度保持時間 30分、移行時間 5 分以内とする熱衝撃試験による評価を実施した。

熱衝撃試験槽は、写真3.1に示す宇宙航空研究開発機構殿所有の熱衝撃試験装置 を使用した。

熱衝撃試験装置の概要

製造メーカ : 株式会社 ロバート
品名 : 熱衝撃試験装置
形式 : SAX-600-W (製品番号 No0196006)

熱衝撃試験槽への評価サンプル設置状態を図 10-1-11、図 10-1-12 に示す。



図 10-1-11 熱衝撃試験装置(株式会社ロバート製)



図 10-1-12 試験槽への評価サンプル設置状態

1.3.2 評価試験フロー

熱衝撃試験による評価を 2000 サイクルまで実施した。その評価試験フローを図 10-1-13 に示す。

※熱衝撃試験サイクルによる判定は 500 サイクルとし、更なる表面状態の変化やクラック進展の確認及び良品と評価対象品の比較評価として 2000 サイクルまで実施した。



図 10-1-13 評価試験実施手順

1.3.3 外観観察(光学顕微鏡写真)

表面光沢、濡れ、表面状態(ざらつき)、段差、ピットについて、外観変化(定点観察)、クラックの発生有無を確認し、外観写真を撮影した。熱衝撃試験数と観察対象の 相関を表 10-1-9 外観観察対象サンプルに示す。

なお、写真は JERG-0-039 および JERG-0-043 のはんだ付性良否判定基準の参考となる写真として利用することを考慮し、不具合事象が理解できるように拡大して撮影した。

表 10-1-9 外観観察対象サンプル(○:観察対象,×:観察対象外)

	500サイクル 供試体	1000サイクル 供試体	1500サイクル 供試体	2000サイクル 供試体
0サイクル	0	0	0	0
500サイクル	0	×	×	0
1000サイクル	—	0	×	0
1500サイクル			0	0
2000サイクル				0

- ※ 尚,0サイクル(ref)のサンプルは、試験後のサンプルと比較するため、初回に外観観 察と写真撮影を実施する。
- ※ 外観観察の評価ポイントは、0 サイクル、500 サイクル、1500 サイクル、2000 サイ クルを実施する。
- ※ 2000 サイクル評価用サンプルは、定点観察のため各評価ポイント毎に取り出し、外 観観察と写真撮影を実施し、引き続き 2000 サイクル完了まで試験を継続した。

1.3.4 はんだ付部の断面観察

評価サイクル0サイクル、500サイクル、1000サイクル、1500サイクル、2000サイク ルに対応したサンプルの断面観察によりクラック等の発生、進行状況を観察した。 特に、500サイクル、1000サイクル、2000サイクルを重要評価ポイントとして、断 面の外観観察と写真を取得した。

1.3.5 スルーホール挿入部品における評価結果

熱衝撃試験前後(0サイクル、500サイクル、1000サイクル、1500サイクル、2000サイクル後) の光学顕微鏡による外観観察、および断面観察(光学顕微鏡、SEM)結果を表 10-1-10、表 10-1-11に示す。

1.3.5.1 外観観察および断面観察結果

(1) 初期状態(0サイクル(評価試験投入前))

「良品」と「評価対象品」とで、はんだ付け表面の軽微な事象等外観上の違いはあ るが、はんだ組成には特に変化は見られなかった。また、SEM/EDX 観察から、は んだ付け表面の軽微な事象が現れている部位は、表面が極わずか(深さ10µm未満) 荒れている程度で、はんだ組成には特に変化が無いことを確認した。(5項参照)

(2) 熱衝撃試験 500 サイクル経過後

熱衝撃試験による評価の判定サイクル数として規定された 500 サイクルでは、はん だ表面の凹凸(シワ, ザラザラ状)が顕著化し、はんだ組織が肥大化した。しかし、 「良品」と「評価対象品」の劣化状態に差異は見られなかった。また、一部にクラッ クが発生するものも見られたが、はんだ付け外観上の事象部を起点とはせず、はん だ/基板境界部やリード界面の発生であり、その長さもスルーホール長さの 1/3 ま でで非常に軽微なものであった。

(3) 熱衝撃試験 1000、1500、2000 サイクル経過後

サイクル数の増加に伴い、はんだ表面の凹凸の顕著化、はんだ組織の肥大化、クラックの進展などが見られた。しかし、「良品」と「評価対象品」の劣化状態に差異は見られなかった。また、はんだ接合部全長に亘るようなクラック、破断は見られず、はんだ付け外観上の事象部を起点としたクラックも見られなかった。なお、スルーホール長さの 1/3~1/2 の深さになったクラックは IC リード部で顕著であり、他部品はスルーホール長さの 1/3 までのものが大半であった。

(4) サンプルAとサンプルBの違い

フロー実装したサンプルAと、手はんだ付けによって作製したサンプルB共に熱サ イクル数を増す毎にはんだ表面の凹凸の顕著化、はんだ組織の肥大化、クラックの 進展が確認されたが、それらの変化にA、B間の差異は見られなかった。

				500サイ	クル時	1000サ	1000サイクル時		1500サイクル時		イクル時
		外観判定	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率
500	サンプルA	良品	198	91	46%	$\overline{\ }$					
サイクル		評価対象品	0	_	_						
供試品		不良品	2	1	50%		$\overline{\}$		$\overline{\ }$		
		合計	200	92	46%						
	サンプルB	良品	181	42	23%	\searrow					
		評価対象品	19	10	53%		<		、 、		
		不良品	160	69	43%		$\overline{\}$		$\overline{\}$		
		合計	360	121	34%						
1000	サンプルA	良品	146	\searrow		142	97%	\searrow			
サイクル		評価対象品	2		_	1	50%		<		
供試品		不良品	0			—	—				
		合計	148			143	97%				
	サンプルB	良品	182	\searrow		157	86%				
		評価対象品	15			13	87%				<
		不良品	163			119	73%				
		合計	360			289	80%				
1500	サンプルA	良品	77	\searrow		\searrow		77	100%	\searrow	
サイクル		評価対象品	0					-	_		<
供試品		不良品	0					—	—		
		合計	77					77	100%		
	サンフ [°] ルB	良品	179	\searrow		\searrow		177	99%	\searrow	
		評価対象品	21					19	90%		
		不良品	160					156	98%		
		合計	360					352	98%		
2000	サンプルA	良品	143	\searrow		\searrow		\searrow		138	97%
サイクル		評価対象品	3							3	100%
供試品		不良品	0								
		合計	146							141	97%
	サンフ [°] ルB	良品	177	14	8%	140	79%	166	94%	174	98%
		評価対象品	45	2	4%	34	76%	42	93%	43	96%
		不良品	138	32	23%	88	64%	125	91%	126	91%
		合計	360	48	13%	262	73%	333	93%	343	95%

表 10-1-10 クラック発生状況(外観観察)

				クラック	等級 0	クラック	等級 1	クラック等級 2		クラックミ	等級 3
		外観判定	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率
500	サンプルA	良品	2	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%
サイクル		評価対象品	0	_	_	_	-	_	_	-	_
供試品		不良品	0	—	—	—	—	—	—		—
		合計	2	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%
	サンプルB	良品	7	0	0%	7	100%	0	0%	0	0%
		評価対象品	9	2	22%	7	78%	0	0%	0	0%
		不良品	5	2	40%	3	60%	0	0%	0	0%
		合計	21	4	19%	17	81%	0	0%	0	0%
1000	サンプルA	良品	4	0	0%	0	0%	4	100%	0	0%
サイクル		評価対象品	2	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%
供試品		不良品	0	—	—	—	—	—	—	—	—
		合計	6	0	0%	0	0%	6	100%	0	0%
	サンプルB	良品	37	1	3%	9	24%	27	73%	0	0%
		評価対象品	9	1	11%	0	0%	8	89%	0	0%
		不良品	24	2	8%	4	17%	18	75%	0	0%
		合計	70	4	6%	13	19%	53	76%	0	0%
1500	サンフ゜ルA	良品	1	0	0%	0	0%	1	100%	0	0%
サイクル		評価対象品	0	—	_	_	-	_	-	-	-
供試品		不良品	0	—	—	—	—	—	—	—	—
		合計	1	0	0%	0	0%	1	100%	0	0%
	サンフ [°] ルB	良品	9	0	0%	0	0%	9	100%	0	0%
		評価対象品	11	1	9%	2	18%	8	73%	0	0%
		不良品	2	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%
		合計	22	1	5%	2	9%	19	86%	0	0%
2000	サンプルA	良品	6	0	0%	0	0%	3	50%	3	50%
サイクル		評価対象品	3	0	0%	0	0%	2	67%	1	33%
供試品		不良品	0	—	—	—		—			
		合計	9	0	0%	0	0%	5	56%	4	44%
	サンプルB	良品	20	0	0%	0	0%	19	95%	1	5%
		評価対象品	39	1	3%	2	5%	34	87%	2	5%
		不良品	11	1	9%	1	9%	9	82%	0	0%
		合計	70	2	3%	3	4%	62	89%	3	4%

表 10-1-11 クフック発生状況(断

※ クラック等級は、「JERG-0-043 5.11.2 項 クラック深さ評価及び判定の基準」 を参考にして、以下のように定めた。

クラック等級 0 : クラックなし
クラック等級1:表面シワ程度
クラック等級 2 : スルーホール長さ1/3以下
クラック等級 3 : スルーホール長さ1/3~1/2以下
クラックレベル4:スルーホール長さ1/2超 但し、本評価では発生していない

1.3.5.2 外観観察および断面観察写真

各事象毎の「良品」と「評価対象品」の外観および断面写真を図 10-1-14~図 10-1-19 に 示す。

	「良品」	「評価対象品」
	サンプルA	サンプルA
熱衝擊試験 投入前外観写真		
1000 サイクル	100	100
経過後外観写真		(City)
1000 サイクル		30KA X80 <u>500^hm</u> 0004 42 20 BEC
経過後断面写真	20kV X80 200µm 0001 15 50 BEC	

図 10-1-14 表面光沢(1000 サイクル経過後比較)

	「良品」 サンプルA	「評価対象品」 サンプルA
熱衝撃試験 投入前外観写真		R
2000 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後断面写真	20ky X85 200m 0001 15 50 BEC	20kV X80 200µm 0001 15 50 <u>BEC</u>

図 10-1-15 濡れ (2000 サイクル経過後比較)

	「良品」 サンプルB	「評価対象品」 サンプルB
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真		
500サイクル 経過後断面写真		

図 10-1-16 表面状態: ユズ肌(500 サイクル経過後比較)

	「良品」 サンプルA	「評価対象品」 サンプルA
熱衝擊試験 投入前外観写真		
2000サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後断面写真	20kV X85 200µm 0001 15 50 BEC	20kV X85 200µm 0001 15 50 BEC

図 10-1-17 表面状態:シワ(2000 サイクル経過後比較)

	「良品」 サンプルB	「評価対象品」 サンプルB
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真		
500サイクル 経過後断面写真		

図 10-1-18 段差(500 サイクル経過後比較)

	「良品」 サンプルB	「評価対象品」 サンプルB
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真	I	
500サイクル 経過後断面写真		

図 10-1-19 ピット (500 サイクル経過後比較)

1.3.5.3 定点観察写真

各サイクル(0、500、1000、1500、2000 サイクル)の「良品」と「評価対象品」の外 観(定点)写真と2000 サイクル後の断面写真を図10-1-20~図10-1-23 に示す。

	「良品」 サンプルA	「評価対象品」 (濡れ) サンプルA
熱衝擊試験 投入前外観写真		R
500サイクル 経過後外観写真		
1000サイクル 経過後外観写真		
1500サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後断面写真	20kV X85 200µm 0001 15 50 BEC	20kV X80 209µm 0001 15 50 BEC

図 10-1-20 抵抗 RLR05C 相当

	「良品」 サンプルA	「評価対象品」(シワ) サンプルA
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真		
1000サイクル 経過後外観写真		
1500サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後断面写真	20kV X85 200µm 0001 15 50 BEC	20kV X85 200µm 0001 15 50 BEC

図 10-1-21 抵抗 RNC55 相当

	「良品」 サンプルB	「評価対象品」(ユズ肌) サンプルB
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真	c	
1000サイクル 経過後外観写真		
1500サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後断面写真		

図 10-1-22 コンデンサ CKS06 相当

	「良品」 サンプルB	「評価対象品」(ユズ肌) サンプルB
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真		
1000サイクル 経過後外観写真		
1500サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後断面写真		

図 10-1-23 DIP IC

1.3.6 はんだ表面の SEM/EDX 観察結果

はんだ表面のユズ肌状のザラツキ部を、光沢を有している部位と比較し、はんだ材の組成に相違があるかを SEM/EDX を用いて調査した。(観察対象:「評価判定品」(ユズ肌))



図 10-1-24 ユズ肌部の外観



図 10-1-25 ユズ肌部 EDX 分析結果

はんだ表面ザラツキ部の凹凸部深さは 10µm 未満程度で、光沢を有している部位と比較し大きな組成の変化は見られず、はんだ以外の元素も検出されない。従って、はんだの 光沢がない部分は、はんだ材そのものの表面のザラツキと考える。

また、凹凸部位からC、O、Brが検出されたが、この元素は試料研磨時の残渣物なら びにフラックス成分の残渣物と推定する。

1.3.7 まとめ

熱衝撃試験および SEM/EDX 観察の結果から以下を考察する。

- (1) はんだ外観上の事象部(ザラツキ,ユズ肌等)を起点としたはんだの劣化は無く、 はんだ外観「良品」と「評価対象品」の熱衝撃試験前後のはんだ表面や内部の劣化 状態に差は認められない。
- (2) クラック発生や組織肥大化は、外観表面の差異によるものではなく、例えば、はんだ/基板/部品の3者の線膨張係数差による応力発生の影響が支配的であると考えられる。
- (2) はんだ表層の軽微なシワ部(光沢が無い部分)の凹凸は深さ10µm未満で、光沢 を有している部位と比較し、はんだ以外の元素も検出されず、大きな組成の変化は 見られない。

以上より、様々なはんだ外観に対して熱衝撃試験で評価した結果、「評価対象品」は「良 品」と有意差が無いことを確認した。

よって、はんだ付け仕上がり状態が JAXA 規格要求条件を満たしていることを前提と し、はんだ接合部表面上の軽微な事象は、はんだ付け接合部の信頼性には影響しないもの と考える。

但し、本評価では「不良品」においても「良品」との有意差は見られないものもあった が、外観事象の複合発生要因を考慮すると本結果だけで「不良品」を「良品」とする議論 はできない。

「良品」と「評価対象品」は熱衝撃試験の結果、有意差は無かった。この結果を基には んだ付け検査・判定基準見本として、「はんだ付け工程標準(JERG-0-039)」に反映する。

2 はんだ付検査・判定基準の見本

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 表面光沢<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

(1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。

【写真	 図】 	
判定	写真・図	解説
優良品		はんだ表面は滑らかで、はんだ接合部全 体が光沢を呈している。 はんだ表面に白く光る光源の反射が見ら れるが、これは表面が光沢を持っている ためである。(良いはんだ例の特徴であ る)
【出典】	1	

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 表面光沢<手はんだ付け> 【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準 (1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 【写真・図】 判定 写真・図 解 説 はんだ表面は滑らかで、はんだ接合部全 体が光沢を呈している。 優 はんだ表面に白く光る光源の反射が見ら 良 れるが、これは表面が光沢を持っている 品 ためである。(良いはんだ例の特徴であ る) 【出典】
【判定のポイント】 表面光沢<手はんだ付け> 【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準 (1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 【写真・図】 判定 写真・図 解説 はんだ表面に、全体にうっすらと光沢に くもりはあるが、濡れ等の他の項目が基 良 準を満足している。 밈 (白く光る部分は光源の反射である) 酸化膜 はんだ表面の一部に、白濁した酸化膜が あるが他の部分には光沢があり、濡れ等 の他の項目が基準を満足している。 (白く光る部分は光源の反射である) 光源の反射 【出典】

【判定のポイント】 表面光沢<手はんだ付け> 【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準 (1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 【写真・図】 判定 写真・図 解 説 はんだ表面は、ざらつきやしわがあり滑 不 良 らかさに欠け、光沢がない。 맙 【出典】

【判定のポイント】 表面光沢<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【判定のポイント】 表面光沢<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【写真		
判定	写真・図	解 説
判定 良品		解説 はんだ表面全体の光沢に、うっすらとくもり はあるが、はんだ表面が滑らかで、濡れ等の 他の項目が基準を満足している。 (白く光る部分は光源の反射である)
【出典】		

【判定のポイント】 表面光沢<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【写真・図】			
判定	写真・図	解 説	
良品		はんだ表面全体の光沢に、うっすらとく もりはあるが、はんだ表面が滑らかで、 濡れ等の他の項目が基準を満足してい る。 (白く光る部分は光源の反射である)	
	werker	フィレット下部の一部に酸化膜による くもりがあるが、フィレット全体は光沢 が確認でき、濡れ等の他の項目が基準を 満足している。	
【出典】			

【判定のポイント】 表面光沢<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【写真	· 🛛]	
判定	写真・図	解 説
判定不良品	写真・図	解 説 はんだ表面のザラツキが著しく、光沢がな い。
【出典】		

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。はんだは接合部を完全に覆い、フィレットを形成していること。

(5)めっきスルーホールはんだ付け

b.はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランド との間にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。

・めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因とみな

される場合は除く)



【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>			
【JER (2)接合 成して	【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準 (2)接合部が全てはんだ濡れを呈していること。はんだは接合部を完全に覆い、フィレットを形成していること。		
【写百	• 図】		
判定	・図】 写真・図	解説	
良品		接合部が全てはんだ濡れを呈している。 はんだは接合部を完全に覆い、フィレッ トを形成している。若干滑らかさに欠け るが、許容範囲内である。 (白く光る部分は光源の反射である)	
		接合部が全てはんだ濡れを呈している。 はんだは接合部を完全に覆い、フィレッ トを形成している。はんだ量が少なく フィレットが低いが許容範囲内である。	
【出典】			

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け> 【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準 (2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。はんだは接合部を完全に覆い、フィレットを形 成していること。 【写真・図】 判定 写真·図 解 説 【はんだ面側にのみ適用】 接合部が全てはんだ濡れを呈し、はんだ 不 は接合部を完全に覆っているが、フィ 良 レットが座面より落ち込んでいる。 밂 (白く光る部分は光源の反射である) ヒケ巣があり、はんだが座面より落ち込 んでいる。 ヒケ巣 光源の反射 【出典】

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準(5)めっきスルーホールはんだ付け b.はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランド との間にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。 ・めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因と みな

される場合は除く)

【写真・図】			
判定	写真・図	解:説	
優良品		はんだが部品面側に浸透し、リードとラ ンドとの間にフィレットが形成されてい る。 (白く光る部分は光源の反射である)	
		接合部が全てはんだ濡れを呈し、はんだ は接合部を完全に覆い、フィレットを形 成している。	
【出典】			

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準(5)めっきスルーホールはんだ付け b.はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランド との間にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。 ・めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因と みな

される場合は除く)

【写真・図】		
判定	写真・図	解 説
[与具 判定 良品		解説 めっきスルーホールへのはんだの許容で きるひけ又はへこみであり、濡れが確認 できる。 (白く光る部分は光源の反射である)
【出典		

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準(5)めっきスルーホールはんだ付け b.はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランド との間にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。 ・めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因と みな

される場合は除く)

【写真·図】				
判定	写真・図	解說		
良品		はんだが部品面側に浸透し、リードとラ ンドとの間にフィレットを形成してい る。はんだの上がり量が、やや多いがス トレスリリーフが確保されているので許 容できる。 (白く光る部分は光源の反射である)		
		めっきスルーホールへのはんだの許容で きる ひけ又はへこみであり、濡れが確認でき る。		
		部品面側は、めっきスルーホール部の濡 れのあるはんだの僅かなひけ又はへこみ は許容できる。		
※【出典】NASA WORKMANSHIP STANDARDS				

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準(5)めっきスルーホールはんだ付け b.はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランド との間にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。 ・めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因と みな

される場合は除く)

【写真	・図】		
判定	写真・図	解說	
良品		【部品面側にのみ適用】 めっきスルーホールへのはんだの許容で きるひけ又はへこみであり、濡れが確認 できる。	
	<image/>	リードへのはんだの濡れ上がり部に境界 線が見られるが、リードへのはんだの濡 れが確認できる。	
【出典	【出典】		

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準(5)めっきスルーホールはんだ付け b.はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランド との間にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。 ・めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因と みな

される場合は除く)

【子具	• 凶」	
判定	写真・図	解説
不良品		【部品面側にのみ適用】 はんだが部品面側まで浸透しているが、 はんだがリードと濡れていない。 (白く光る部分は光源の反射である)
		はんだが部品面側まで浸透しているが、 リードの一部がはんだと濡れていない。
		リードとランドとの間で、はんだを確認 できるが、はんだが一部部品面側まで十 分浸透していない。
【出典】		

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>

【JERG-0-039 本文】5.8.4.2 合格基準(5)めっきスルーホールはんだ付け b.はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランド との間にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。 ・めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因と みな

される場合は除く)



はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】	
濡れ<フローソルダリング>	

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。はんだは接合部を完全に覆い、フィレットを形 成していること。

写真	• 図】	
判定	写真・図	解 説
<u>判</u> 止 優良品		<u> </u>

【判定のポイント】 濡れ<フローソルダリング>:

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準

(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。はんだは接合部を完全に覆い、フィレットを形成していること。

【与具			
判定	写真・図	解 説	
判定 良品	写真・図	解 説 接合部が全てはんだ濡れを呈している。ラ ンドの一部にはんだの広がっていない部 分があるが、はんだは接合部を完全に覆 い、濡れてフィレットを形成している。 (白く光る部分は光源の反射である)	
【出典】	1		

【判定のポイント】	
濡れ<フローソルダリング>	

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準

(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。はんだは接合部を完全に覆い、フィレットを 形成していること。

【写真・図】			
判定	写真・図	解 説	
不良品		リードとランドとの間にフィレットを形成しているが、座の一部でスルーホールと濡れていない凹みがある。	
【山央】			

【判定のポイント】 濡れ<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準(5)めっきスルーホールはんだ付け b.はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランド との間にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。 ・めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因と みな される場合は除く)

される場合は味く

【写真・図】		
判定	写真・図	解 説
良品		ランドの一部にはんだの広がっていない 部分があるが、はんだは接合部を完全に 覆い、濡れてフィレットを形成している。 (白く光る部分は光源の反射である)
		めっきスルーホールへのはんだの許容で きるひけ又はへこみである。
【出典]	

【判定のポイント】

表面状態(ザラザラ、ユズ肌、鮫肌等)<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【写真	• 図】	
判定	写真・図	解 説
良品		はんだ継手部のスルーホールランド部付 近にざらつきがあるが、フィレットの大 部分に光沢が確認できる。また、濡れ等 の他の項目が基準を満足している。 (白く光る部分は光源の反射である)
	9	
【出典】		

【判定のポイント】

表面状態(ザラザラ、ユズ肌、鮫肌等)<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【写真	• 図】	
判定	写真・図	解 説
判 不良品		解説 はんだ継手表面のザラツキが著しい、凹 凸が著しい、ブツブツがある、スジ状の 模様が著しい状態で滑らかでない。 (白く光る部分は光源の反射である)
【出典】	1	

【判定のポイント】

表面状態(ザラザラ、ユズ肌、鮫肌等)<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【写直・図】		
判定	写真・図	解説
良品		はんだ表面に軽微なざらつきはあるが、フィ レットの大部分に光沢が確認できる。また、 濡れ等の他の項目が基準を満足している。 (白く光る部分は光源の反射である)
【出典】		

【判定のポイント】

表面状態(ザラザラ、ユズ肌、鮫肌等)<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【写真		king -1/	
判定	写真・凶	解 説	
	写真・図 写真・図	 解説 スルーホールランド周辺にざらつきはあ るが、フィレットの大部分に光沢が確認で きる。また、濡れ等の他の項目が基準を満 足している。 (白く光る部分は光源の反射である) 	
【出典]		

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】

表面状態(ザラザラ、ユズ肌、鮫肌等)<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

【写真	• 図】	·	
判定	写真・図	解 説	
不良品		はんだ表面に光沢が無く、フィレット全面が ざらざらしていてユズ肌状になっている。 (白く光る部分は光源の反射である)	
【出典】			

【判定のポイント】 表面状態(はんだスパイク) <フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】5.8.4.3 不合格基準 (3)プリント配線板 d.はんだスパイク及び導体間のブリッジ

【写真・図】	
事例	解 説
	フローソルダリング工程で部品リード先端 に発生している部品リード径にほぼ収まる 小さいサイズのはんだ盛り上がりは、品質を 低下させるものでない。濡れ等の他の外観項 目が判定基準を満足していれば良品として 扱う。 なお、高圧接続部のはんだ付けには適用しな い。
	フローソルダリング工程で部品リード先端 に発生している部品リード径にほぼ収まる 小さいサイズのはんだ盛り上がりは、品質を 低下させるものでない。濡れ等の他の外観項 目が判定基準を満足していれば良品として 扱う。 なお、高圧接続部のはんだ付けには適用しな い。
【出典】	

【判定のポイント】 段差(不連続) <手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.2 合格基準

(1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 (2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。はんだは接合部を完全に覆い、フィレットを形 成していること。

【写真	•	図】
	_	

【 子 具		格刀 三光
判疋	与具・凶	
良品		はんだフィレットに不連続部分がある が、濡れが十分にあり、他に不良項目が ない。 (白く光る部分は光源の反射である)
【出典】		

【判定のポイント】 ピット<手はんだ付け>			
【JERG-0-039 本文】5.8.4.3 不合格基準 (2)はんた e.ブローホール、ピンホール及びボイド(ただし、 * (付録 I) ピット:はんだ表面の小さなくぼみて	ご接合 付録 I で定義するピット*を除く) ご、くぼみの底を周囲から目視できるもの。		
【写真・図】			
判定 写真・図	解 説		
₽ 品	・ピット くぼみの底を周囲から目視できる。 (白く光る部分は光源の反射である)		
【出典】			

【判定のポイント】 ピット<フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】5.8.4.3 不合格基準

(2)はんだ接合

e.ブローホール、ピンホール及びボイド(ただし、付録 I で定義するピット*を除く) *(付録 I) ピット:はんだ表面の小さなくぼみで、くぼみの底を周囲から目視できるもの。

【写真・図】				
判定	写真・図	解説		
判定 良品		解説 ・ピット くぼみの底を周囲から目視できる。 (白く光る部分は光源の反射である)		
【出典】				

【判定のポイント】

ブローホール、ピンホール<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】5.8.4.3 不合格基準

(2)はんだ接合

e.ブローホール、ピンホール及びボイド(ただし、付録 I で定義するピット*を除く)

*(付録I)ピット:はんだ表面の小さなくぼみで、くぼみの底を周囲から目視できるもの。

【写真・図】				
判定	写真・図	解 説		
不良品		・ピンホール くぼみの底を周囲から目視できない。 (白く光る部分は光源の反射である)		
		・プローホール		
		くぼみの底を周囲から確認出来ない大き なくぼみとなったブローホール。		
		8		
	The second secon	・ブローホール		
		大きなくぼみとなった巨大なブローホー ル。周囲から底が見えても不良。		
F i t i ette M				
【出典】	I			

【判定のポイント】

ブローホール、ピンホール<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】5.8.4.3 不合格基準

(2)はんだ接合

e.ブローホール、ピンホール及びボイド(ただし、付録 I で定義するピット*を除く) *(付録I) ピット:はんだ表面の小さなくぼみで、くぼみの底を周囲から目視できるもの。

【写真	•	図】

【写真	• 図】	
判定	写真・図	解 説
THE 不良品	-+++ · Δ	 パギ bt ・ピンホール くぼみの底を周囲から目視できない。 (白く光る部分は光源の反射である)
【出典】		

【判定のポイント】 ソルダーレジスト(以降レジストと称する)剥がれ<手はんだ付け>					
【JER(h.粘り) i.但し、 されてい	【JERG-0-039本文】5.8.4.3 不合格基準(3)プリント配線板 h.粘り又は剥がれは不合格。 i.但し、はんだ付け時に発生したはんだ付けランド周辺部の軽微なレジスト剥がれがはんだコーティング されている場合、又はプリント配線板組立をコンフォーマルコーティングされる場合は、不良の対象としない。				
【写真 判定	 ・図】 写真・図 	解 説			
良品	0.4m	はんだ付けランド周辺部の軽微なレジスト剥 がれである。			
不良品	0.61mm	^{ペターン} をまたぎ導体を露出しているた め、発見時点でタッチアップ処置を行う対象 となる。			
不良品	2.068m	レジストだけの剥がれだが1mm以上あり、 レジスト剥がれとしては不良となる。 但し、発見時点でタッチアップ処置を行うこ とで使用上は問題ない。			
【出典】]				

技術データ11

はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本(端子配線/スルーホール配線)

目 次

1 (1	はんだ付外観状態と信頼性評価試験結果	
1.1	はじめに	
1.2	配線接続評価用サンプル製作	
1. 2.	1 評価サンプルA	
1. 2.	2 評価サンプルB	
1. 2.	.3 試験条件	
1.3.	.2 評価試験フロー	
1.3.	.3 外観観察(光学顕微鏡写真)	
1. 3.	.4 はんだ付部の断面観察	
1.4	端子配線部品及びスルーホール配線における評価結果	
1.4.	.1 評価サンプルA	
1.4.	.2 評価サンプルB	
1.5	まとめ	
2 (ස්	はんだ付検査・判定基準の見本	

図表一覧

义	11-1-1	評価用基板11-	4
义	11-1-2	基板概略図11-	4
义	11-1-3	配線接続製造フロー11-	6
义	11-1-4	配線実装状態外観11-	6
义	11-1-4	配線実装状態外観(つづき) 11-	7
义	11-1-5	端子固定用基板概略図 11-	8
义	11-1- 6	配線接続製造フロー11-1	0
义	11-1-7	組立実装状態外観11-1	1
义	11-1-8	(1)~(3) 熱衝撃試験装置および試験槽への評価サンプル設置状態 11-1	3
¥	11-1- 9	評価試験実施手順11-1	4
义	11-1- 10) ターレット端子 (1/3)11-1	6
义	11-1-10	ターレット端子(2/3)11-1	7

図 11-1-10	ターレット端子(3/3)11-18
図 11-1-11	カップ端子11-19
図 11-1-12	穴あき端子 (1/3)11-20
図 11-1-12	穴あき端子(2/3)11-21
図 11-1-12	穴あき端子(3/3)11-22
図 11-1-13	フック端子 (1/3)11-23
図 11-1-13	フック端子(2/3)11-24
図 11-1-13	フック端子(3/3)11-25
図 11-1-14	スルーホール配線 (1/2)11-26
図 11-1-14	スルーホール配線(2/2) 11-27
図 11-1-15	ターレット端子 (1/2)11-30
図 11-1-15	ターレット端子(2/2)11-31
図 11-1-16	穴あき端子 (1/2)11-32
図 11-1-16	穴あき端子(2/2)11-33
図 11-1-17	フック端子 (1/2)11-34
図 11-1-17	フック端子 (2/2)11-35
図 11-1-18	カップ端子 (1/2) 11-36
図 11-1-18	カップ端子(2/2)11-37

表 11-1-1	実装部品	11–5
表 11-1-2	糸はんだの仕様	11–5
表 11-1-3	ポストフラックスの仕様	
表 11-1-4	外観判定分類	11–7
表 11-1-5	端子固定用基板	11–7
表 11-1-6	実装部品	
表 11-1-7	はんだ材の仕様	11–9
表 11-1-8	外観判定分類	11–12
表 11-1-9	熱衝撃試験サイクル数と各熱衝撃試験装置	11–12
表 11-1-10	外観観察対象サンプル(〇:観察対象)	11–14
表 11-1-11	クラック発生状況(外観観察)	11–15
表 11-1-12	クラック発生状況(断面観察)	11–15
表 11-1-13	外観観察からのクラック発生状況	11–28
表 11-1-14	断面観察からのクラック発生状況	11–29

1 はんだ付外観状態と信頼性評価試験結果

1.1 はじめに

宇宙機のはんだ付の良否判定基準等に関しては、宇宙用はんだ付工程標準(JERG-0-039) 及び宇宙用表面実装はんだ付工程標準(JERG-0-043)が適用されている。

これらの基準は全てのはんだ付けの良否判定基準を明確に示すものではなく、良否判定は検査員の技量等に依存している。

このため、端子配線およびスルーホール配線を行った評価サンプルを用いて、宇宙用は んだ付工程標準(JERG-0-039)の参考となるような写真類を整備し、良否判定基準の検 討を信頼性評価試験(熱衝撃試験,外観観察及び断面観察)と共に実施することにより、 接合部信頼性評価に基づいた良否判定の参考となる写真の充実を図り、工程標準類の質の 向上を図るものである。

1.2 配線接続評価用サンプル製作

信頼性評価試験を実施する評価サンプルは2社で製作し、それぞれを評価サンプルA及び評価サンプルBとした。

1.2.1 評価サンプルA

1.2.1.1 基板

評価用プリント基板は、宇宙航空研究開発機構(以下JAXAという)の認定仕様で製作した。

なお、基板層数を4層とし、端子配線部品、スルーホール配線を実装する設計として いる。

材料	:	ガラスエポキシ(FR-4)
表面処理	:	はんだレベラー
板厚	:	t = 1.6 mm
外形	:	$150\mathrm{mm}\! imes\!185\mathrm{mm}$
層数	:	4層
パッド仕様	:	JERG-0-042に準拠



評価用基板概略を、図11-1-1、図11-1-2に示す。

図 11-1-1 評価用基板



図 11-1-2 基板概略図

1.2.1.2 部品

評価に供試する実装部品を表11-1-1に示す。端子配線部品は、外形形状、材質として 製品を模擬する代表的な特徴のある部品として、ターレット端子、フック端子、カップ 端子、穴あき端子の4種及びスルーホール配線の合計5種25点/1基板を選択した。

部品	型名/規格	母材/仕上げ	ワイヤ
ターレット端子	WT2-3 (マックエイト社製)	黄銅、金めっき	MIL-W-22759/33 (AWG24)
フック端子	JIS-Z-3851 同等品	黄銅、銀めっき	MIL-W-22759/33 (AWG24)
カップ端子	WT8-4 (マックエイト社製)	黄銅、金めっき	MIL-W-22759/33 (AWG24)
穴あき端子	—	黄銅、金めっき	MIL-W-22759/33 (AWG24)
スルーホール配線	—	—	MIL-W-22759/33 (AWG24)

表 11-1-1 実装部品

1.2.1.3 はんだ材

糸はんだ及びポストフラックスの仕様をそれぞれ表11-1-2、表11-1-3に示す。はんだ 材は、JERG-0-039準拠品を使用した。

	糸はんだ
フラックスタイプ	RMA (RO-L1)
合金組成[wt%]	60Sn/40Pb
フラックス含有量[wt%]	3.3 ± 0.6

表 11-1-2 糸はんだの仕様

表 11-1-3 ポストフラックスの仕様

	ポストフラックス
フラックスタイプ	RMA (RO-L1)
ハロゲン含有量[wt%]	0.0
比重 (25℃)	0.869

1.2.1.4 部品はんだ付実装

本試験に供した部品実装の製造手順を、図11-1-3 配線接続製造フローに示す。端子配 線部品及びスルーホール配線は、端子配線部品及びワイヤの予備はんだを行い、はんだ 鏝を用いてはんだ付けし、フラックス洗浄をIPAによる手洗浄にて行った。はんだ付け 条件は標準作業条件とした。その後、配線固定のためにシリコーン系接着剤にて接着固 定した。


図 11-1-3 配線接続製造フロー

1.2.1.5 供試組立基板枚数及び部品点数

信頼性評価試験投入数: 基板枚数 22 枚、部品点数 340 点 図 11-1-4 に部品はんだ付実装状態を示す。



(a)全体写真













(e)カップ端子

(f)スルーホール配線

図 11-1-4 配線実装状態外観(つづき)

1.2.1.6 はんだ付部の初期外観判定

製作したサンプルにおいて、外観判定を行い、以下の基準で分類した。

外観判定	基準				
良品	JERG-0-039の外観基準を満足している。				
評価対象品	JERG-0-039の外観基準で良否判定に迷う事象がある。				

表 11-1-4 外観判定分類

1.2.2 評価サンプルB

1.2.2.1 端子固定用基板

端子配線部品の評価用基板として表 2-10-5 の端子固定用基板を製作した。

材質	板厚	外形寸法
ベークライト	t2	100×100 mm

表 11-1-5 端子固定用基板

端子固定用基板概略を、図11-1-5に示す。



図 11-1-5 端子固定用基板概略図

1.2.2.2 部品

端子固定用基板に供試する実装部品を表 11-1-6 に示す。

部品	型名/規格	母材/仕上げ	ワイヤ
ターレット端子	JIS-Z-3851 同等品	黄銅、銀めっき	MIL-DTL-16878 (AWG22)
フック端子	JIS-Z-3851 同等品	黄銅、銀めっき	MIL-DTL-16878 (AWG22)
カップ端子	031-55276 (JAE)	銅合金、金めっき	MIL-DTL-16878 (AWG22)
穴あき端子	_	黄銅、光沢はんだめっき	MIL-DTL-16878 (AWG22)

表 11-1-6 実装部品

1.2.2.3 はんだ材

評価用サンプルの製作に使用したはんだ材を表11-1-7に示す。 はんだ材は、JERG-0-039 準拠品を使用した。

表 11-1-7 はんだ材の仕様

	糸はんだ
フラックスタイプ	RMA (RO-L1)
合金組成〔wt%〕	Sn63/Pb37

1.2.2.4 部品はんだ付実装

本試験に供した部品実装の製造手順を図11-1-6 配線接続製造フローに示す。部品及 びワイヤは予備はんだを行い、はんだ鏝を用いてはんだ付けし、溶剤でフラックス残渣 を手洗浄で除去した。その後、ワイヤをはんだ付けした部品を端子固定用基板に固定し、 ワイヤを接着剤で基板に固着した。はんだ付条件は、標準作業範囲内で、はんだ仕上が り状態にバラツキを発生させて製作した。



図 11-1-6 配線接続製造フロー

1.2.2.5 供試組立基板枚数及び部品点数

信頼性評価試験投入数:基板枚数8枚、部品点数:80部品である。 図 11-1-7に組立実装状態を示す。



穴あき端子&ターレット端子



カップ端子&フック端子

図 11-1-7 組立実装状態外観

1.2.2.6 はんだ付部の初期外観判定

製作したサンプルにおいて、外観判定を行い、以下の基準で分類した。

外観判定基準良品JERG-0-039の外観基準を満足している。評価対象品JERG-0-039の外観基準で良否判定に迷う事象がある。

表 11-1-8 外観判定分類

1.2.3 試験条件

1.2.3.1 熱衝撃試験

試験条件は、JERG-0-039:温度サイクル試験とJERG-0-043:熱衝撃試験と異なっているが、JERG-0-043 4.4工程の認定試験項に記述されている通り、熱衝撃試験による評価は、温度サイクル試験と同等の厳しさ(互換性があり)である事が確認されている事から、熱衝撃試験(II)の温度-30°C~+100°C、上限下限温度保持時間30分、移行時間5分以内とする熱衝撃試験による評価を実施した。

熱衝撃試験槽は、表11-1-9、図11-1-8(1)~(3)に示す熱衝撃試験装置を使用した。

熱衝撃試験	$0 \sim 1132$	$1133 \sim 1500$	$1501 \sim 2000$
サイクル数	サイクル	サイクル	サイクル
メーカ	ESPEC	ロバート	ESPEC
型名	TSA-301L-W	SAX-600-W	TSA-70H

表 11-1-9 熱衝撃試験サイクル数と各熱衝撃試験装置

(1) ESPEC : TSA-301L-W





(2) ロバート: SAX-600-W



(3) ESPEC : TSA-70H



図 11-1-8 (1)~(3) 熱衝撃試験装置および試験槽への評価サンプル設置状態

1.3.2 評価試験フロー

熱衝撃試験による評価を2000サイクルまで実施した。その評価試験フローを図2-10-9 に示す。



図 11-1-9 評価試験実施手順

1.3.3 外観観察(光学顕微鏡写真)

はんだ量、表面状態(ざらつき)、濡れについて、外観変化(定点観察)、クラックの発生有無を確認し、外観写真を撮影した。熱衝撃試験数と観察対象の相関を表 11-1-10 外観対象サンプルに示す。

なお、写真は、JERG-0-039のはんだ付性良否判定基準の参考となる写真として利用 すること

表 11-1-10 外観観察対象サンプル(○:観察対象)

	2000 サイクル 供試体
0サイクル	0
2000 サイクル	0

注: 尚、0サイクル(ref)のサンプルは、試験後のサンプルと比較するため、初回に外 観観察と写真撮影を実施する。

1.3.4 はんだ付部の断面観察

評価サイクル0サイクル、2000サイクルに対応したサンプルの断面観察によりク ラック等の発生、進行状況を観察した。 1.4 端子配線部品及びスルーホール配線における評価結果

1.4.1 評価サンプルA

熱衝撃試験前後(0サイクル,2000サイクル後)の光学顕微鏡による外観観察、及び 断面観察結果を表 11-1-11、11-1-12 に示す。

1.4.1.1 外観観察及び断面観察結果

(1) 初期状態(0サイクル(評価試験投入前))

「良品」と「評価対象品」とで、はんだ付表面の軽微な事象等外観上の違いはある が、はんだ組成には特に変化は見られなかった。

(2) 熱衝撃試験 2000 サイクル経過後

はんだ表面の凹凸(シワ,ザラザラ状)が顕著化した。しかし、「良品」と「評価 対象品」の劣化状態に差異は見られなかった。また、スルーホール配線にクラック が発生したが、はんだ付け外観上の事象部を起点とはせず、断面観察で確認された クラック長さもスルーホール長さの 1/3 以下で非常に軽微なものであった。

		ターレット端子		カップ端子		穴あき端子				
	外観判定	員数	発生数	発生率	員数	発生数	発生率	員数	発生数	発生率
2000	良品	10	0	0%	5	0	0%	10	0	0%
サイクル	評価対象品	30	0	0%	20	0	0%	30	0	0%
ウオッチ品	合計	40	0	0%	25	0	0%	40	0	0%
		-	フック端子		スルーホール配線		配線	/		
								/		
	外観判定	貝致	<u> </u>	発生率	員数	発生数	発生率		<u> </u>	
2000	<u></u>	<u>員数</u> 10	<u>発生致</u> 0	<u>発生率</u> 0%	<u>員数</u> 5	<u>発生数</u> 5	<u>発生率</u> 100%		$\overline{}$	
2000 サイクル	<u>外観判定</u> 良品 評価対象品	<u>員数</u> 10 30	<u>発生数</u> 0 0	<u>発生率</u> 0% 0%	<u>員数</u> 5 20	<u>発生数</u> 5 	<u>発生率</u> 100% 100%		$\overline{}$	

表 11-1-10 クラック発生状況(外観観察)

表 11-1-11 クラック発生状況(断面観察)

		ターレット端子		カップ端子		穴あき端子				
	外観判定	員数	発生数	発生率	員数	発生数	発生率	員数	発生数	発生率
2000	良品	4	0	0%	2	0	0%	4	0	0%
サイクル	評価対象品	12	0	0%	8	0	0%	12	0	0%
ウオッチ品	合計	16	0	0%	10	0	0%	16	0	0%
		フック端子		スルーホール配線		配線	/			
	外観判定	員数	発生数	発生率	員数	発生数	発生率	/		
2000	良品	4	0	0%	1	1	100%		$\overline{}$	
サイクル	評価対象品	12	0	0%	4	4	100%			
ウオッチ品	合計	16	0	0%	5	5	100%			

注:スルーホール配線で確認されたクラック長さは、良品/評価対象品に関わらず、全 てスルーホール長さ1/3以下であった。

1.4.1.2 外観観察及び断面観察写真

各事象毎の「良品」と「評価対象品」の外観及び断面写真を図11-1-10~図11-1-14に示す。

「評価対象品」 「評価対象品」 「良品」 はんだ量が少なめ はんだ量が多め 熱衝撃試験 未投入写真 2000サイクル 投入前写真 2000サイクル 投入後写真

図 11-1-10 ターレット端子 (1/3)

	「自見」	「評価対象品」	「評価対象品」
	'及阳」	ざらつき	濡れ
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図11-1-10 ターレット端子 (2/3)

	「良品」	「評価対象品」 はんだ量が少なめ	「評価対象品」 はんだ量が多め
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図11-1-10 ターレット端子 (3/3)

JERG-0-039-TM001A



図 11-1-11 カップ端子

	「良品」	「評価対象品」	「評価対象品」
熱衝撃試験 未投入写真			はんた重か多め
			ай, так как как как как как как как как как
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図 11-1-12 穴あき端子 (1/3)

- 11 - 20 -

	「良品」	「評価対象品」 ざらつき	「評価対象品」 濡れ
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図11-1-12 穴あき端子 (2/3)

	「自只」	「評価対象品」	「評価対象品」
		はんだ量が少なめ	はんだ量が多め
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図11-1-12 穴あき端子 (3/3)

- 11 - 22 -

	「良品」	「評価対象品」 はんだ量が少なめ	「評価対象品」 はんだ量が多め
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図 11-1-13 フック端子 (1/3)

	「良品」	「評価対象品」 ざらつき	「評価対象品」 濡れ
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図11-1-13 フック端子 (2/3)

	「良品」	「評価対象品」 はんだ量が少なめ	「評価対象品」 はんだ量が多め
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図11-1-13 フック端子 (3/3)

	「良品」	「評価対象品」 はんだ量が少なめ	「評価対象品」 はんだ量が多め
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図 11-1-14 スルーホール配線 (1/2)

	「良品」	「評価対象品」 ざらつき	「評価対象品」 濡れ
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図11-1-14 スルーホール配線 (2/2)

- 11 - 27 -

1.4.2 評価サンプルB

熱衝撃試験(0、2000 サイクル)投入前後に実施したはんだ接合部の光学顕微鏡による 外観観察及び断面観察結果を表 11-1-13、11-1-14 に示す。

1.4.2.1 外観観察及び断面観察結果

(1) 初期状態(0サイクル(評価試験投入前))

「良品」と「評価対象品」とで、はんだ付け表面の軽微な事象等外観上の違いはあ るが、はんだ組成には特に変化は見られなかった。

(2) 熱衝撃試験 2000 サイクル経過後

はんだ表面の凹凸(シワ、ザラザラ状)が顕著化した。しかし、「良品」と「評価 対象品」の劣化状態に差異は見られなかった。

				2000ታ	イクル時
		評価事象	員数	発生数	発生率
2000	ターレット端子	良品	5	0	0%
サイクル		良品(はんだ量小)	5	0	0%
供試品		良品(表面ざらつき)	5	0	0%
		良品(濡れ性)	5	0	0%
		任意不良品	5	0	0%
		合計	25	0	0%
2000	穴あき端子	良品	5	0	0%
サイクル		良品(はんだ量小)	5	0	0%
供試品		良品(表面ざらつき)	5	0	0%
		良品(濡れ性)	5	0	0%
		任意不良品	5	0	0%
		合計	25	0	0%
2000	フック端子	良品	5	0	0%
サイクル		良品(はんだ量小)	5	0	0%
供試品		良品(表面ざらつき)	5	0	0%
		良品(濡れ性)	5	0	0%
		任意不良品	5	0	0%
		合計	25	0	0%
2000	カップ端子	良品	5	0	0%
サイクル		良品(はんだ量小)	5	0	0%
供試品		良品(表面ざらつき)	5	0	0%
		良品(濡れ性)	5	0	0%
		任意不良品	5	0	0%
		合計	25	0	0%

表 11-1-13 外観観察からのクラック発生状況

				2000サ	イクル時
		評価事象	員数	発生数	発生率
2000	ターレット端子	良品	3	0	0%
サイクル		良品(はんだ量小)	3	0	0%
供試品		良品(表面ざらつき)	3	0	0%
		良品(濡れ性)	3	0	0%
		合計	12	0	0%
2000	穴あき端子	良品	3	0	0%
サイクル		良品(はんだ量小)	3	0	0%
供試品		良品(表面ざらつき)	3	0	0%
		良品(濡れ性)	3	0	0%
		合計	12	0	0%
2000	フック端子	良品	3	0	0%
サイクル		良品(はんだ量小)	3	0	0%
供試品		良品(表面ざらつき)	3	0	0%
		良品(濡れ性)	3	0	0%
		合計	12	0	0%
2000	カップ端子	良品	3	0	0%
サイクル		良品(はんだ量小)	3	0	0%
供試品		良品(表面ざらつき)	3	0	0%
		良品(濡れ性)	3	0	0%
		合計	12	0	0%

表 11-1-14 断面観察からのクラック発生状況

1.4.2.2 外観観察及び断面観察写真

各事象毎の「良品」と「評価対象品」の外観及び断面写真を図 11-1-15~図 11-1-18 に示す。なお、外観観察は、はんだ表面が対象であるため、ワイヤの端子部への接触 および不適切な絶縁被覆クリアランスについては不問としている。

	「良品」	「評価対 はんだ量	対象品」 が少なめ
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図 11-1-15 ターレット端子 (1/2)

	「良品」	「評価対象品」	「評価対象品」	
熱衝撃試験 未投入写真				
2000サイクル 投入前写真				
2000サイクル 投入後写真				

図 11-1-15 ターレット端子(2/2)

	「良品」	「評価対象品」
		はんだ量が少なめ
熱衝撃試験 未投入写真		
2000サイクル 投入前写真		
2000サイクル 投入後写真		

図 11-1-16 穴あき端子 (1/2)

	「良品」	「評価対象品」	「評価対象品」
	· Km]	ざらつき	濡れ
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真	13/2/		
2000サイクル 投入後写真			

図 11-1-16 穴あき端子 (2/2)

	「良品」	「評価対象品」 はんだ量が少なめ
熱衝撃試験 未投入写真		
2000サイクル 投入前写真		
2000サイクル 投入後写真		

図 11-1-17 フック端子 (1/2)

	「良品」	「評価対象品」	「評価対象品」
	- 戊間]	ざらつき	濡れ
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真	All parts		
2000サイクル 投入後写真	All and		

図 11-1-17 フック端子 (2/2)

- 11 - 35 -

	「良品」	「評価対象品」
熱衝撃試験 未投入写真		
2000サイクル 投入前写真		
2000サイクル 投入後写真		

図 11-1-18 カップ端子 (1/2)

	「百日」	「評価対象品」	「評価対象品」
		ざらつき	濡れ
熱衝撃試験 未投入写真			
2000サイクル 投入前写真			
2000サイクル 投入後写真			

図 11-1-18 カップ端子 (2/2)

1.5 まとめ

熱衝撃試験の結果から以下を考察する。

- (1) サンプルAとサンプルBは、試験結果に差は認められない。
- (2) はんだ外観上の事象部(ザラツキ、濡れ等)を起点としたはんだの劣化は無く、 はんだ外観「良品」と「評価対象品」の熱衝撃試験前後のはんだ表面や内部の 劣化状態に差は認められない。
- (3) 端子配線においては、ワイヤのストレスリリーフ形状による応力緩和及び端子 部品とワイヤの熱膨張差による熱応力が小さいことから、熱衝撃試験によるク ラックが発生しないと考えられる。
- (4) スルーホール配線においては、クラック発生は外観表面の差異によるものではなく、例えば、はんだ/基板/ワイヤの3者の線膨張係数差による応力発生の影響が支配的であると考えられる。

以上より、様々なはんだ外観に対して熱衝撃試験で評価した結果、「評価対象品」は「良 品」と有意差が無いことを確認した。

よって、はんだ付け仕上がり状態がJAXA規格要求条件を満たしていることを前提とし、はんだ接合部表面上の軽微な事象は、はんだ付け接合部の信頼性には影響しないものと考える。

「良品」と「評価対象品」は熱衝撃試験の結果、有意差は無かった。この結果を基に、 はんだ付け検査・判定基準見本として、「はんだ付け工程標準(JERG-0-039)」に反映す る。

2 はんだ付検査・判定基準の見本

はんだ付け検査・判定基準の見本案

【判定のポイント】 はんだ量<手はんだ付け>(カップ端子)

【JERG-0-039本文】

5.6.3.1 (1)a.カップ端子では、はんだは、導線とカップの挿入部との間でフィレットを形成すること。 フィレットは、付録Ⅱに示す限度内で、カップ開口に沿っていること。はんだカップの外面のはんだは、 予備はんだ程度又は組立又はコネクタの機能を阻害しない程度であれば許容する。 5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。 【写真・図】 判定 写真・図 説 解 良好なフィレットが形成されている。 良 品 はんだ量が少ないが、良好なフィレットが形成さ れている。 良 品 はんだ量が多いが、良好なフィレットが形成され ており、ワイヤ根元部近傍の素線形状が分かるは 良 んだ量である。 品

【出典】

はんだ付け検査・判定基準の見本案

【判定のポイント】 はんだ量<手はんだ付け> (カップ端子)

【JERG-0-039本文】

5.6.3.1(1)a. カップ端子では、はんだは、導線とカップの挿入部との間でフィレットを形成すること。 フィレットは、付録IIに示す限度内で、カップ開口に沿っていること。はんだカップの外面のはんだは、 予備はんだ程度又は組立又はコネクタの機能を阻害しない程度であれば許容する。 5.8.4.2(1) はんだ継ぎ手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。

5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。 【写真・図】

判定	写真・図	解 説
目標		適切なはんだ量である。
良品		はんだ量がやや少ないが、良好なフィレットが形 成されている。
不良品		はんだ量が少ない。カップ背面と導線間が凹んで いて、十分なフィレットが形成されていない。
【出典】		

【判定のポイント】 はんだ量<手はんだ付け>(フック端子)

【JERG-0-039本文】

5.5.4 フック端子への接続は、図 5-33 に従うこと。電線は、180°~270°巻付けること。電線の突き 出しにより絶縁スリーブを損傷させないようにすること。 5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

【写真・図】

判定	写真・図	解 説
良品		良好なフィレットが形成されている。
良品		はんだ量が少ないが、良好なフィレットが形成されている。
良品		はんだ量が多いが、良好なフィレットが形成され ており、はんだ付部およびワイヤ根元部の素線形 状が分かるはんだ量である。
【出典】		
【判定のポイント】 はんだ量<手はんだ付け> (フック端子)

【JERG-0-039本文】

5.5.4 フック端子への接続は、図 5-33 に従うこと。電線は、180°~270°巻付けること。電線の突き 出しにより絶縁スリーブを損傷させないようにすること。

5.8.4.2(1) はんだ継ぎ手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。

5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

「大学会」	<u> たつ</u> →M
判疋) 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一
目標	⁻ 適切なほんに重じめる。
良品	はんだ量がやや少ないが、良好なフィレットが形 成されている。
不良品	はんだ量が少ない。 (からげ始め部分にはんだの流れ込みがなく、十 分なフィレットが形成されていない。)
F	
【出典】	

【判定のポイント】 はんだ量<手はんだ付け>(フック端子)

【JERG-0-039本文】

5.5.4 フック端子への接続は、図 5-33 に従うこと。電線は、180°~270°巻付けること。電線の突き 出しにより絶縁スリーブを損傷させないようにすること。 5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

【写真・図】

判定	写真・図	解 説
良品		良好なフィレットが形成されている。
良品		はんだ量が少ないが、良好なフィレットが形成されている。
良品		はんだ量が多いが、良好なフィレットが形成され ており、はんだ付部およびワイヤ根元部の素線形 状が分かるはんだ量である。
【出典】		

【判定のポイント】

はんだ量<手はんだ付け>(穴あき端子)

【JERG-0-039本文】

5.5.5 穴あき端子への接続は、図 5·34 に従うこと。穴あき端子への導線の取付けに際しての曲げは、最小 1/4 回転(90°) ~最大 1/2 回転(180°)とする。電線の突き出しにより絶縁スリーブを損傷させないようにすること。 5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。

5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。

5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。 【写真・図】

判定	写真・図	解 説
良品		良好なフィレットが形成されている。
良品		はんだ量が少ないが、良好なフィレットが形成さ れている。
良品		はんだ量が多いが、良好なフィレットが形成され ており、ワイヤ根元部の素線形状が分かるはんだ 量である。
.		
【出典】		

【判定のポイント】

はんだ量<手はんだ付け> (穴あき端子)

【JERG-0-039本文】

5.5.5 穴あき端子への接続は、図 5-34 に従うこと。穴あき端子への導線の取付けに際しての曲げは、最小 1/4 回転(90°) ~最大 1/2 回転(180°)とする。電線の突き出しにより絶縁スリーブを損傷させないようにすること。

5.8.4.2(1) はんだ継ぎ手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。

5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

【写真	・ 図】	
判定	写真・図	解 説
目標		適切なはんだ量である。
良品		適切なはんだ量である。
不良品		はんだ過剰で、線すじが見えない。
T 1 1 1 Ht 1		
【出典】		

【判定のポイント】

はんだ量<手はんだ付け>(穴あき端子)

【JERG-0-039本文】

5.5.5 穴あき端子への接続は、図 5-34 に従うこと。穴あき端子への導線の取付けに際しての曲げは、最小 1/4 回転(90°) ~最大 1/2 回転(180°)とする。電線の突き出しにより絶縁スリーブを損傷させないようにすること。 5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。

5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。

5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。 【写真・図】

判定	写真・図	解 説
良品		良好なフィレットが形成されている。
良品		はんだ量が少ないが、良好なフィレットが形成さ れている。
良品		はんだ量が多いが、良好なフィレットが形成され ており、ワイヤ根元部の素線形状が分かるはんだ 量である。
【出典】		

はんだ付け検査・判定基準の見本案

【判定のポイント】

はんだ量<手はんだ付け>(ターレット端子)		
【JERG-0-039本文】		
5.5.2(1)	a.AWG26より太い電線は、端子の周囲に	180°~270°巻付けること。(図 5-25A 参照)
	b.AWG26 及びそれより細い電線は、端子の (図 5-25BA 参昭)	の周囲に180°~360°巻付けること。
5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ林	才料に応じて半光沢から光沢を呈していること。
5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること	<u></u>
<u>5.8.4.2(</u> 【写直	4) リード線の形状が分かること。	
【 <i>→</i> 具 判定	「「「」」「「」」「「」」「」」「「」」「」」「」」「」」「」」「」」「」」「	岳 忍 二 討
		良好なフィレットが形成されている。
良品	PI	
良品	P	はんだ量が少ないが、良好なフィレットが形成さ れている。
良品	IP5	はんだ量が多いが、良好なフィレットが形成され ており、ワイヤ根元部の素線形状が分かるはんだ 量である。
【出典】		

【判定のポイント】 はんだ量<手はんだ付け> (ターレット端子)

【JERG-0-039本文】

5.5.2(1) a. AWG26 より太い電線は、端子の周囲に 180°~270°巻付けること。(図 5-25A 参照)
b. AWG26 及びそれより細い電線は、端子の周囲に 180°~360°巻付けること。
(図 5-25B 参照)

5.8.4.2(1) はんだ継ぎ手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。

5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

【写真・図】 注:はんだ量の見本のため、ワイヤの端子への接触は不問としている。

判定	写真・図	解説
良品		適切なはんだ量である。
不良品		はんだ過剰。線すじが見えない。
【出典】		

はんだ付け検査・判定基準の見本案

【判定のポイント】	
はんだ量<手はんだ付け>	(ターレット端子)

【JERG-0-039本文】

5.5.2(1) a.AWG26より太い電線は、端子の周囲に180°~270°巻付けること。(図 5-25A 参照) b.AWG26及びそれより細い電線は、端子の周囲に180°~360°巻付けること。 (図 5-25B 参照)

5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。

5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。 【写真・図】

判定	写真・図	解 説
良品		良好なフィレットが形成されている。
良品		はんだ量が少ないが、良好なフィレットが形成さ れている。
良品		はんだ量が多いが、良好なフィレットが形成され ており、ワイヤ根元部の素線形状が分かるはんだ 量である。
		
【出典】		

はんだ付け検査・判定基準の見本案

【判定のポイント】 はんだ量<手はんだ付け>(スルーホール配線)

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準

(5)めっきスルーホールはんだ付け

- b. はんだ供給側の反対側では、少なくても、はんだが反対側に浸透し、リードや電線とランドとの間 にフィレットを形成していること。但し、次の示す欠陥は許容できる。
- ・ めっきスルーホールはんだ付けのわずかなひけ又はへこみ(ボイドやブローホールが原因とみ なされる場合は除く)
 【写真・図】

判定	写真・図	解 説
良品		接合部が全てはんだ濡れを呈している。はんだは 接合部を完全に覆い、フィレットを形成してい る。
良品		接合部が全てはんだ濡れを呈している。はんだは 接合部を完全に覆い、フィレットを形成してい る。
良品		はんだ量が多いが、良好なフィレットが形成され ている。
【出典】		

【判定のポイント】 はんだ量<手はんだ付け> (スルーホール配線)

【JERG-0-039 本文】5.8.4.2 合格基準 5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

【写具・		
判定	写真・図	解 説
良品		接合部が全てはんだ濡れを呈している。はんだは 接合部を完全に覆い、フィレットを形成してい る。
良品		接合部が全てはんだ濡れを呈している。はんだは 接合部を完全に覆い、フィレットを形成してい る。
良品		接合部が全てはんだ濡れを呈している。はんだは 接合部を完全に覆い、フィレットを形成してい る。
【出典】		

【判定のポイント】 表面状態(ザラザラ、ュズ肌、鮫肌等)<手はんだ付け>

【JERG-0-039 本文】 5.8.4.2 合格基準 5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。

5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

【写真	· 🛛 🔤	
判定	写真・図	解記
良品		はんだ継手部のカップ端子根元部付近にざらつ きがあるが、フィレットの一部に光沢が確認でき る。また、濡れ等の他の項目が基準を満足してい る。
良品		はんだ継手部のフック端子部付近にざらつきが あるが、フィレットの一部分に光沢が確認でき る。また、濡れ等の他の項目が基準を満足してい る。
良品		はんだ継手部の穴あき端子部付近にざらつきが あるが、フィレットの一部に光沢が確認できる。 また、濡れ等の他の項目が基準を満足している。
【出典】		

【判定のポイント】 表面状態(ザラザラ、ユズ肌、鮫肌等)<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準 5 8 4 2(1) けんだ継手の表面け 滑らかて

5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

「写具	• 図】	
判定	写真・図	解記
良品		はんだ継手部のターレット端子部付近にざらつ きがあるが、フィレットの一部に光沢が確認でき る。また、濡れ等の他の項目が基準を満足してい る。
良品		はんだ継手部のスルーホールランド周辺にざら つきがあるが、フィレットの一部分に光沢が確認 できる。また、濡れ等の他の項目が基準を満足し ている。
【出曲】		
⊾ш ж		

【判定のポイント】 表面状態(ザラザラ、ュズ肌、鮫肌等)<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】

5.8.4.2(1) はんだ継ぎ手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

【与具		hπ =v
判定	与具・凶	
良品		さらつきがあるが、部分的な光沢がある。
良品		カップ付近にややざらつきがあるが、部分的な光 沢がある。
良品		はんだ流れ端部にユズ肌があるが、導線のはんだ 付け部は良好な濡れがある。
【出典】		

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>			
【JERG-0-039本文】5.8.4.2 合格基準 5.8.4.2(1) はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。			
【写真	• 図】		
判定	写真・図	解 説	
良品		若干滑らかさに欠けるが、接合部が全てはんだ濡 れを呈しており、はんだは接合部を完全に覆い、 フィレットを形成している。	
良品		若干滑らかさに欠けるが、接合部が全てはんだ濡 れを呈しており、はんだは接合部を完全に覆い、 フィレットを形成している。	
良品		若干滑らかさに欠けるが、接合部が全てはんだ濡 れを呈しており、はんだは接合部を完全に覆い、 フィレットを形成している。	
【出典】	1		

【判定のポイント】 濡れ<手はんだ付け>

【JERG-0-039本文】

5.8.4.2(1) はんだ継ぎ手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。 5.8.4.2(2) 接合部が全てはんだ濡れを呈していること。 5.8.4.2(4) リード線の形状が分かること。

【写真・図】

判定	写真・図	解_ 説
良品		導線の端部分への濡れ不足。但し、先端部以外は 濡れを呈している。
【出典】		

【判定のポイント】 微小なフラックス残渣<手はんだ付け、フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】 5.8.4.3 不合格基準(1) 導体及び部品

h. フラックス残さ及びその他の汚染 ただし、耐マイグレーション試験による評価データに基づき、フラックス残渣が悪影響を与えないと 技術的見解により客観的証拠として証明できる場合、微小なフラックス残渣は不良対象外とする。 【JERG-0-039 本文】5.8.4.3 不合格基準(2) はんだ接合

j. 汚染(くず、フラックス、よごれ)

特別な異物規定がある場合を除いてパターン間最小距離から異物径を除いた寸法が要求最小導体間 隔を満足する不動異物(竹串等で軽く外力を加える程度では動かないもの)は、コーティングするこ とで許容することができる。

【写真・図】	
事例	解説
	JERG 規定を満足することを条件に、許容可能な 微小フラックス残渣の事例。 無理に除去することにより、周辺部のはんだ付部 やレジストに損傷を与える可能性有り。
	JERG 規定を満足することを条件に、許容可能な 微小なフラックス残渣の事例。 無理に除去することにより、周辺部のはんだ付部 やレジストに損傷を与える可能性有り。
【出典】	

【判定のポイント】 はんだくず<手はんだ付け、フローソルダリング>

【JERG-0-039本文】5.8.4.3 不合格基準(2) はんだ接合

j. 汚染(くず、フラックス、よごれ)

特別な異物規定がある場合を除いてパターン間最小距離から異物径を除いた寸法が要求最小導体間隔 を満足する不動異物(竹串等で軽く外力を加える程度では動かないもの)は、コーティングすること で許容することができる。

【写真・図】事例	解 説
(はんだくずサイズ: 60.09mm 程度)	上記のJERG規定を満足することを条件に、許容可能なはんだくず(はんだボールを含む)の事例。 無理に除去することにより周辺部のランド及び レジストに損傷が発生した。
(はんだくずサイズ: ø 0.1mm 程度)	上記のJERG規定を満足することを条件に、許容可能なはんだくずの事例。 無理に除去することを試みた結果、周辺部のレジストに損傷が発生し、はんだくずは除去できなかった。
【出典】	