

Pbフリー&VOCフリー はんだ付技術

GUIDANCE

Presentation
by TAMURA

1

鉛(Pb)フリーはんだ付技術

Pb-FREE SOLDERING TECHNOLOGY

2

鉛(Pb)フリーはんだ付技術<プロセス設計へのアプローチ>

Pb-FREE SOLDERING TECHNOLOGY

<AN APPROACH PROCESS DESIGN>

3

VOCフリーはんだ付技術

VOC-FREE SOLDERING TECHNOLOGY



1 GUIDANCE

Presentation
by TAMURA

鉛フリー はんだ付技術

Pb-FREE
SOLDERING TECHNOLOGY

INDEX

PAGE

1	今、なぜ 鉛(Pb)フリー化が必要か1 Reasons why Pb-free activities are needed today
2	鉛(Pb)フリー化の取組みの現状2 Current progress status for Pb-free activities
3	鉛(Pb)フリーはんだにおけるリフローはんだ付プロセス4 Reflow soldering process for Pb-free solder
4	鉛(Pb)フリーはんだにおけるウェーブはんだ付プロセス6 Wave soldering process for Pb-free solder
5	タムラの鉛(Pb)フリーはんだ付へのアプローチ9 TAMURA's approach toward Pb-free soldering

電子機器は、通信、工業、産業、家庭といったあらゆる領域に使用されています。電子機器の心臓部とも言える基板には、多くの電子部品が“はんだ付によって接合”されています。はんだ付材料やその工法は、電子機器の長い歴史によって、その信頼性が確保されています。現在の電子機器の生産にとって、“はんだ付は無くしてはならない存在”として位置づけられています。

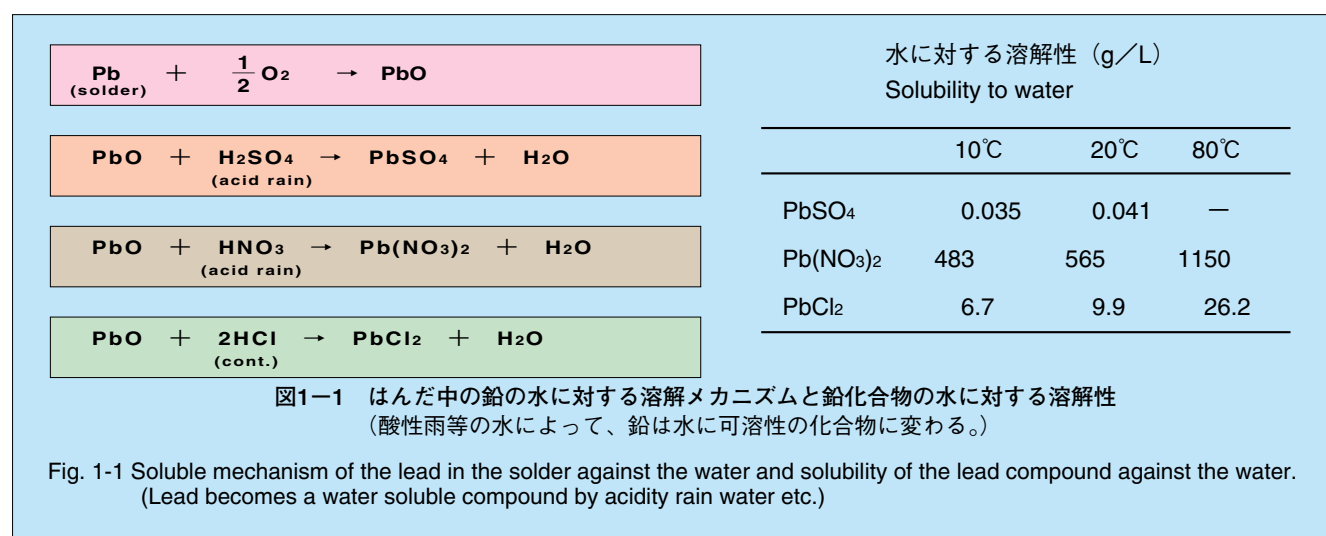
電子機器産業は、多機能化、軽薄短小化、生産性、さらには低コスト化によって、我々の生活に密着し発展を遂げてきました。ところが、実装基板の高密度化と低コスト化は、使用済の電子機器のリサイクル性を困難にしています。廃棄された電子機器は、一部回収されていますが、実装基板はほとんど回収されずに粉砕されて埋め立て等で処理されています。中には、そのまま自然界に廃棄されている物もあります。

鉛（以下、Pb）は、ほとんどの場合、錫との合金すなわち“Sn-Pbはんだ”として使用されています。Pbはその性質上、酸性の水に徐々に溶けて、有毒の可溶性鉛化合物になります。図1-1には、Pbが水に溶けるメカニズムを示してあります。

Electronics devices are widely used among various field such as communication, industry and home appliances and many electronic components are connected through soldering on the substrates which are seemed to be the heart of electronics devices. Reliability of the soldering materials and technology has been fully secured through a long history of the electronics devices and the soldering is positioned as an indispensable tool for the current production of the electronics devices.

Electronics devices industry has been developed adhering closely to our daily life through various stages such as functional diversification, profile miniaturization, productivity and cost saving. However, high density move of the mounted substrates and cost saving needs are making difficulty for recycling of the used electronics devices. Scrapped electronics devices are partly collected while the mounted substrates are crushed for burying etc, without recovering mostly, or left scrapped in the natural world as they are.

Lead(called Pb hereafter)is used most cases as an alloy with tin namely "Sn-Pb solder" and Pb for its character dissolves gradually into acidity water, becoming as a poisonous soluble lead compound. Fig. 1-1 shows a mechanism for Pb dissolves into the water.



大気汚染の問題として取り上げられている酸性雨は、Pbを水に可溶性のPb化合物にする作用を持っています。図1-2には、水に溶けた可溶性のPb化合物が、自然界の飲料水への混入経路を示しています。電子機器の自然界への廃棄や産業廃棄物は、Pbによって水を汚染させる源となる可能性があります。

一方、電子機器のはんだ付には、Sn-Pbはんだは重要な材料であり、なくすことはできません。自然界の汚染及び人体へのPbの混入を考慮すると、その安全性の確保の為にPbを含まないはんだ付材料の開発が重要な課題となります。

Acidity rain which is taken as a problem for atmospheric contamination has an action to make Pb to a water soluble Pb compound. Fig. 1-2 explains an intermix route of the water soluble Pb compound to natural world drinking water. There is a possibility that a scrapping of the electronics devices to natural world may become a source of contamination of the water by Pb.

Meanwhile, Sn-Pb solder is an indispensable important materials for the soldering of the electronics devices. When we consider a contamination of natural world and intermix of Pb into human body, a development of the Pb-free soldering materials, in view of relevant safety security, becomes an urgent and important issue.

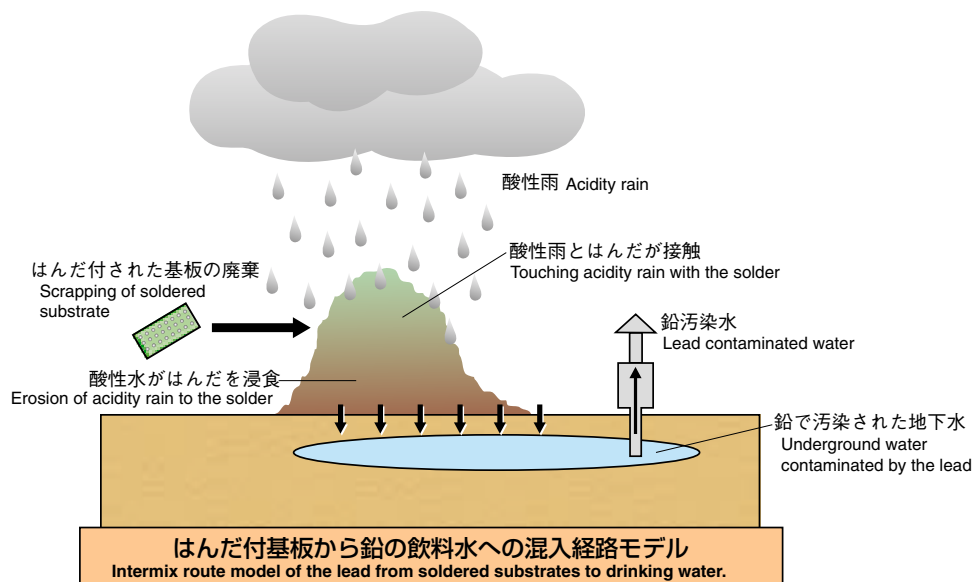


図1-2 廃棄されたはんだ付基板からの鉛の飲料水への混入経路

Fig. 1-2 Intermix route of the lead from scrapped soldered substrate to drinking water.

この小冊子は、電子機器に使われる“はんだ付材料のPbフリー化”のタムラのアプローチの概要を説明してあります。電子機器のはんだ付の重要性和環境汚染の回避の狭間の中で、少しでも電子機器産業界にお役に立てれば幸いです。

This booklet describes on the summary of TAMURA's approach concerning "Soldering materials Pb-free activities" for the electronics devices, which we sincerely hope that this will contribute to the electronics equipment industry in view of importance of the soldering and prevention of the environmental contamination.

2 Pb フリー化の取組みの現状 Current progress status for Pb-free activities

電子機器の部品実装プロセスや材料設計は、はんだ付条件が基本となっています。従って、はんだ付条件が従来の内容と大きく違うとそのプロセスを導入することができません。

表2-1には、現状のはんだ付プロセスから見た場合のPbフリーはんだ材料に対する要求項目を示しています。Pbフリーはんだに対する要求内容は、現状のプロセスが変わらず、接合信頼性が確保できることに集約できます。これができなければ、電子機器の実装プロセスの大変革をする必要があります。

Soldering conditions are a basic issue for component mounting process and materials designing of the electronics devices. Therefore, we are unable to introduce the process if and when the soldering conditions differ greatly from the traditional contents. Fig. 2-1 shows the requirement items for Pb-free soldering materials from view point of the current soldering process, which intensify a stabilized connecting reliability without changing the current process.

表2-1 Pbフリーはんだに対する要求特性

- (1) 融点がSn-Pbはんだ (183℃) に近いこと
- (2) 作業温度が230℃に近いこと
- (3) Sn-Pbはんだと同等のぬれ性を示すこと
- (4) 機械的強度が十分であること
- (5) 従来設備及び工程が使用できること
- (6) 低コストであること
- (7) 安定供給が可能であること
- (8) 環境上の問題が少ないこと

Table 2-1 Requirement characteristics for Pb-free soldering

- (1) Melting point should be close to Sn-Pb solder (183℃).
- (2) Working temperature should be close to 230℃.
- (3) Same wetness as Sn-Pb solder is required.
- (4) Sufficient mechanical strength is required.
- (5) Traditional equipment and process can be usable.
- (6) Low cost is required.
- (7) Stabilized supply should be secured.
- (8) Less problem for environmental conditions is required.

米国で環境に対するPb汚染の問題が掲げられた後、Pbを使用した製品が規制対象とされてきました。その中には、Pbを使用しない材料系への変更もしくは削減が実施されてきました。電子機器のはんだ付用のはんだも例外ではなく、規制の対象となっていました。はんだの代替材料が見当たらないことから、本格的な規制対象に至っていません。その理由としては、Sn-Pbはんだの性質が優れていることに他なりません。しかし、環境汚染の深刻な問題を考慮すると、やはりPbフリー合金の開発及びプロセスの確立は重要な研究テーマとなります。

Sn-Pbはんだ合金は、SnとPb（63／37％）の共晶はんだが主体となります。これまで、Pbフリーはんだの開発は、表2-1の要求項目を基本として、既存の共晶合金からアプローチ（図2-1）されています。しかし、現在までのところ、Sn-Pb共晶はんだの融点と同じ組成は見出されていません。現在、Sn-Pb共晶はんだに近い性質を持った使用可能な金属組成としては、表2-2の種類が報告されており、これらをベースとして基礎的な研究がされています。

After a subject of Pb contamination for environment was taken up in the United States, the products used Pb became an object of control. Soldering materials for the electronics devices were not exception, however, not becoming a regular object of control as no replacing materials were found due to superiority of the Sn-Pb solder characteristics. Yet, development of Pb-free alloy and establishment of the process are a critical study theme.

Eutectic solder Sn-Pb (63 / 37%) is a main for Sn-Pb solder alloy. So far, development of Pb-free solder was made, making requirement items in Table 2-1 as a base and approaching from existing eutectic alloy (Fig. 2-1). However, same composition which has same as Sn-Pb eutectic solder melting point, has not been found so far. Today, a kind in Table 2-2 is reported as an usable metallic composition which has a close characteristic as Sn-Pb eutectic solder, on which a basic study is under way.

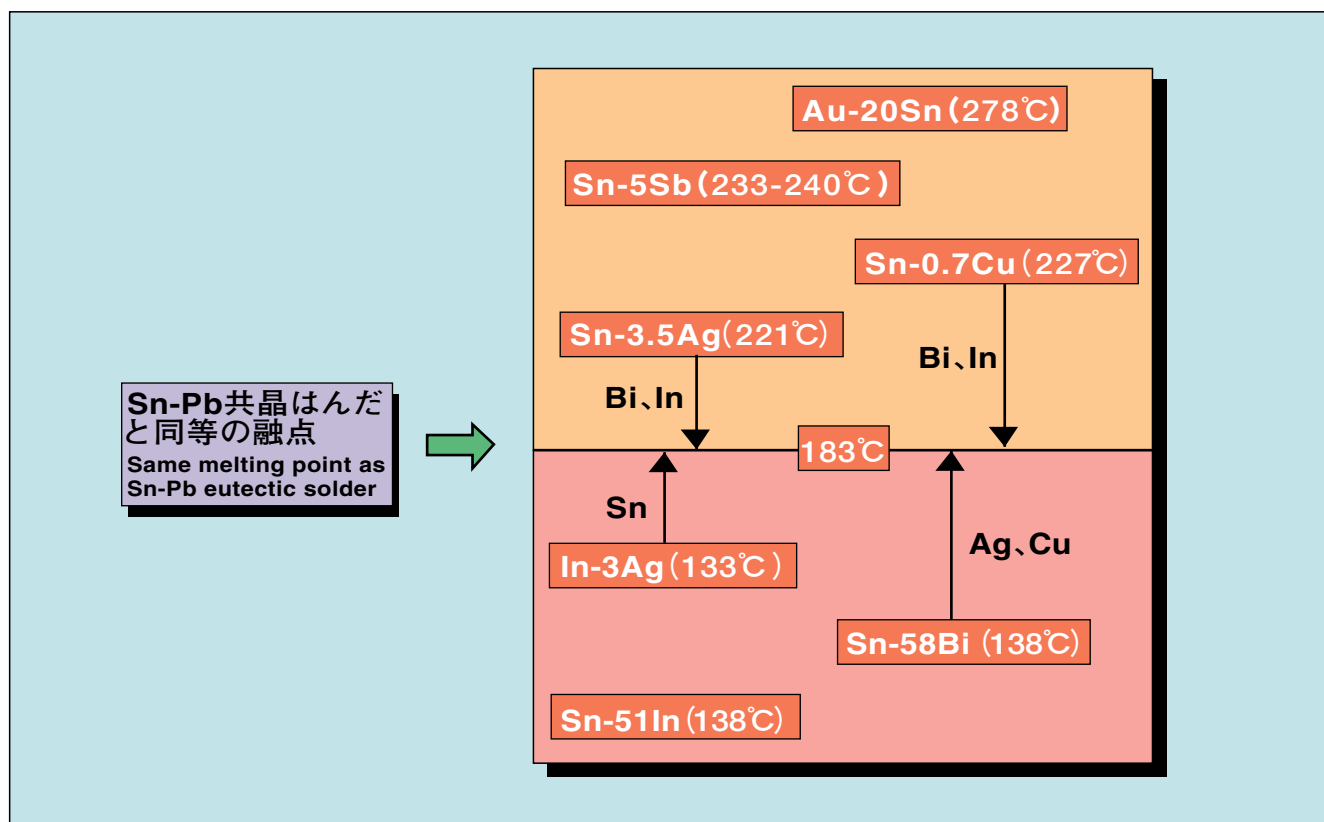


図2-1 Pbフリーはんだ合金の開発におけるアプローチ
(既知の共晶合金に種々の金属を添加して、融点183℃に近づける)

Fig. 2-1 Approach for development of Pb-free solder alloy.
(To make closer to melting point 183℃, adding various metals on the known eutectic alloy)

表2-2 使用可能なPbフリーはんだ合金組成
Table 2-2 Usable Pb-free solder alloy composition

Sn-Ag
Sn-Ag-Bi
Sn-Ag-Cu
Sn-Zn-Bi

3

Pbフリーはんだにおけるリフローはんだ付プロセス Reflow soldering process for Pb-free solder:

電子部品のはんだ付を大きく分けると、リフローはんだ付、ウェーブはんだ付、修正はんだ付の3種類になります。Pbフリーはんだ付を実施する為には、これらのはんだ合金中にPbを含まないはんだを使用する必要があります。

リフローはんだ付の場合には、ソルダーペーストによってはんだが供給されることから種々の合金組成の利用が可能です。表3-1には実験に使用したPbフリーはんだ合金を示します。Sn-37Pb合金を比較としていれてあります。

Soldering work for the electronics devices are divided in three, Reflow soldering, Wave soldering, and Rework soldering. For Pb-free soldering, the solder which does not include Pb in the solder alloy should be used.

For reflow soldering, various alloy composition can be utilized as the solder is supplied by the solder paste. Table 3-1 describes a Pb-free solder alloy which was used for the experiment. Sn-37Pb alloy is included as comparison.

表3-1 Pbフリーはんだ合金の組成と物理的な性質
Table 3-1 Composition & Physical Property of Pb-free solder alloy.

組 成 Composition	熔融混層(℃) Melting Peak※1	密度(g/cm ³) Density	表面張力(mN/m) ※2 Surface Tension
Sn-58Bi	141 (136-148)	8.6	380
Sn-Zn-Bi	186 (158-193)	7.6	430
Sn-Ag-Bi	210 (178-212)	7.6	470
Sn-2Ag-7.5Bi-0.5Cu (alloy H)	209 (186-217)	7.5	460
Sn-Ag-Cu-In	216 (209-220)	7.4	540
Sn-3.5Ag	223 (219-231)	7.4	520
Sn-37Pb	184 (184-186)	8.5	500

※1 分析、1℃/分
※2 大気中

※1 DSC thermal analysis at scanning rate of 1℃/min.
※2 at air

図3-1は、酸化銅板、ニッケル板、そして42アロイ板に対するぬれ広がり率を示します。Sn-37Pbはんだに比較して、いずれもぬれ広がり率の悪いことが判ります。これはPbを含まないために、合金そのものがはんだ付材料に対して広がろうとする性質が弱いことによります。

図3-2はQFPリードをはんだ付し、ヒートサイクル下におけるピール強度の経時変化を示します。Biを含む合金は、初期の強度が低いものの経時的な劣化は認められません。しかし、Sn-Zn-Biは時間の経過と共に劣化の傾向を示します。一方、Sn-Ag-Cu-Inについては、共晶はんだよりも高いピール強度を示しています。基板の金属材料に対するぬれ広がり率は悪いものの、ピール強度の性質はそれ程低下しないことが判ります。

Fig. 3-1 Indicates wet spread factor for oxide copper plate, nickel plate and 42 alloy plate, which shows inferior wet spread factor in comparison with Sn-37Pb solder. This means that the alloy itself has lower spread strength against the soldering materials, as it does not include Pb.

Fig. 3-2 Indicates vary-with-time of peel strength under heat cycle, after QFP lead wire is soldered. Alloy which include Bi does not show deterioration-with-time even an initial strength is low, however, Sn-Zn-Bi shows deterioration trend along with time elapse.

Meanwhile, Sn-Ag-Cu-In indicates a higher peel strength than eutectic solder which means the wet spread factor for substrate metallic materials is inferior but the peel strength characteristic does not decrease very much.

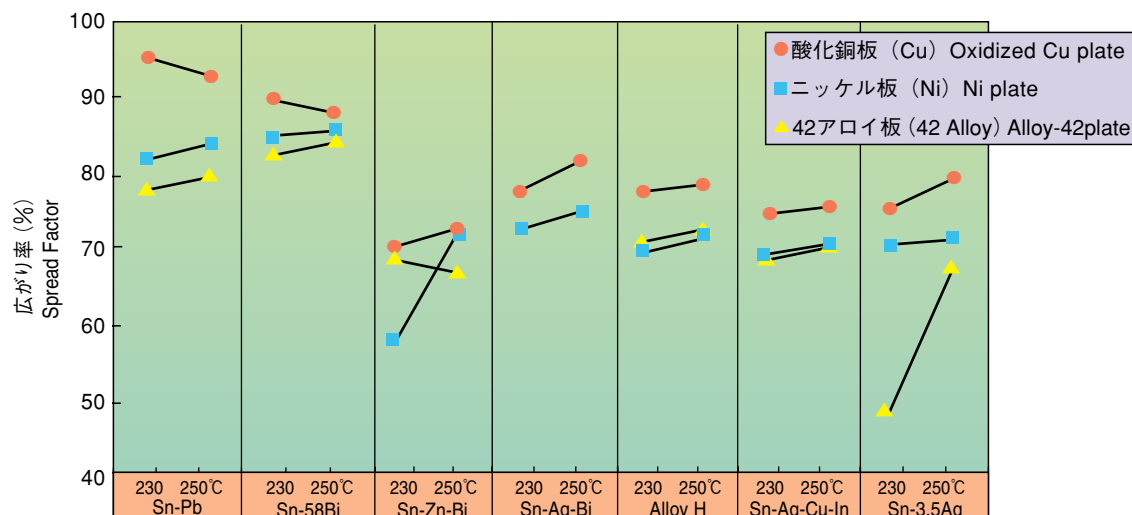


図3-1 3種類の金属板に対するPbフリーはんだのぬれ広がり性

Fig. 3-1 Pb-free solder wet spread factor for 3-kinds metal plates.

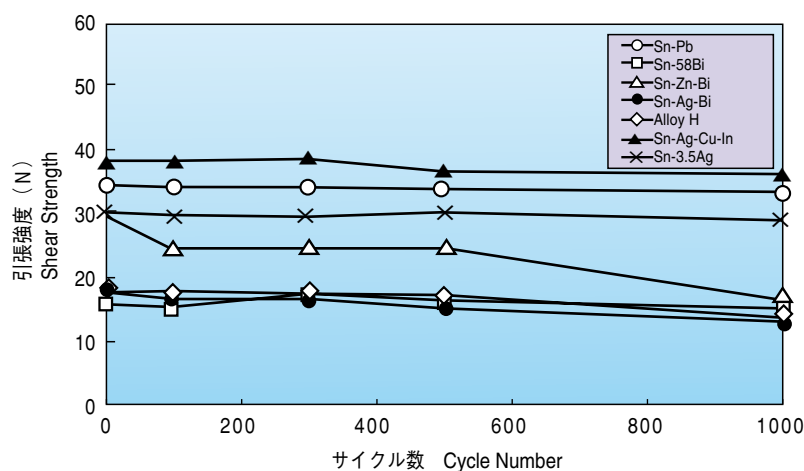


図3-2 QFPリードに対するヒートサイクル下におけるピール強度の経時変化

条件：-30℃ (30min) ~ +80℃ (30min)

Fig. 3-2 Peel strength vary-with-time under heat cycle for QFP lead.

Condition : -30℃ (30min) ~ +80℃ (30min)

また、図3-3には、クリープ試験の結果を示します。共晶はんだに比較して、Biを含む合金は低い値を示します。しかし、共晶はんだよりも優れている組成 (Sn-Ag-Bi-Cu、Sn-Ag-Cu-In) も認められます。これらの組成は、熱的な歪みやストレスが加わるような部分のはんだ付には効果的であることが考えられます。

Pbフリーはんだにはこの様な共晶に比較して、良い性質も認められます。しかし、溶ダーペーストには、印刷、はんだ付、その後の接合信頼性と多くの付加しなければならない性質があります。表3-2には、メタルマスク上における溶ダーペーストのスキージによるローリング時の粘度変化を示します。共晶はんだに比較して、版上で溶ダーペーストがローリングされる時、Pbフリーはんだは粘度が変化し易いことを示しています。

Fig. 3-3 indicates a result of creep test. Alloy which includes Bi shows a lower value when compared with eutectic solder, but a composition superior to the eutectic solder (Sn-Ag-Bi-Cu, Sn-Ag-Cu-In) is also recognized. These compositions seem to be effective for the soldering for the part where thermal distortion and stress are added on.

Pb-free solder has a superior characteristic compared with these eutectic, however, the solder paste provide various characteristics which should be added on such as printing, soldering, then after connecting reliability, etc. Table 3-2 indicates, a viscosity variation on rolling by squeeze of solder paste on a metal mask. This means that Pb-free solder's viscosity is variable when solder paste is on rolling, compared with the eutectic solder.

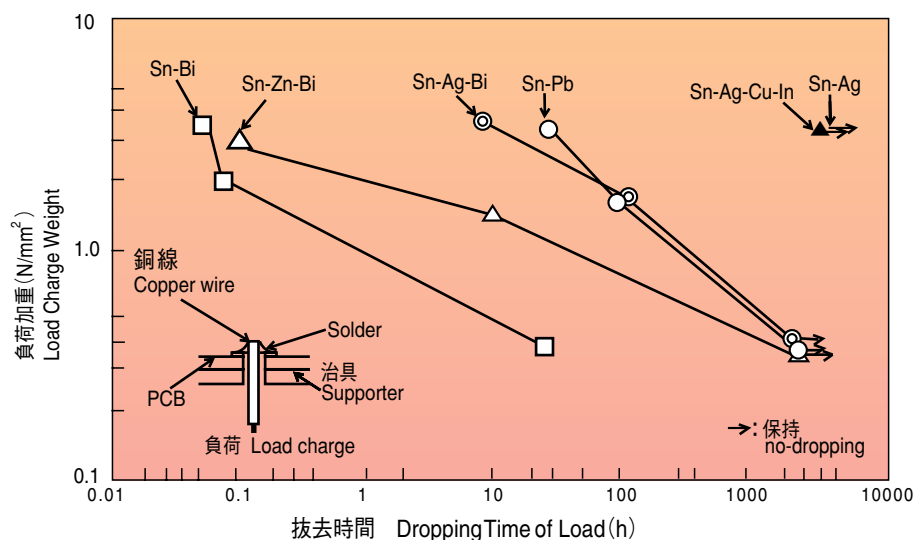


図3-3 Pbフリーはんだ合金のクリープ試験結果
Fig. 3-3 Result of creep test for Pb-free solder alloy.

表3-2 Sn-Ag-Biのソルダーペーストの印刷時の粘度変化
Fig. 3-2 Viscosity variation at Sn-Ag-Bi solder paste printing time.

組 成 Composition	粘度Viscosity (Pa・s) ※1		変化率(%) Change Rate
	200 stroke	1000 stroke	
Sn-Ag-Bi (RA)	380	450	18
n-Ag-Bi (RMA) ※2	320	350	9
Sn-Ag-Bi (RMAO)	270	310	15
Sn-Pb (RA)	390	400	3

※1 ブルックフィールド粘度計 (HBT)
※2 ノンハロゲンタイプ

※1 Viscosity meter of Brookfield Model HBT
※2 Non-halogen type.

4 Pbフリーはんだにおけるウェーブはんだ付プロセス Wave soldering process for Pb-free solder:

図3-3のクリープ試験の結果からは、スルーホールに対して、Pbフリーはんだはむしろ向いていることが伺われます。しかし、このような複合的な組成が、連続で使えるのか、不良の発生状況は、といった不安定要素が残されています。そこで、ウェーブはんだ付時に発生する問題点を列記し、その対策方法をまとめて表4-1に示します。

Result of the creep test shown in Fig. 3-3 gives an impression that Pb-free solder rather fit for a through-hole, however, there remain uncertainty factors such as whether these compound compositions are good for continuous operation, and occurrence of defect, etc. Table 4-1 shows a problem list for the wave soldering and its counter-measures.

表4-1 Pbフリー化におけるウェーブはんだ付の問題点と対策方法

問 題 点	対 策 方 法
<ul style="list-style-type: none"> ● ドロスの発生増加と不良の発生 ● 合金組成の管理と不純物の混入 ● 波高の不安定性 ● スルーホール上がり性の低下 	<ul style="list-style-type: none"> ● ドロスの抑制、酸化防止 (N₂雰囲気) ● 定期的な検査と早期交換 ● はんだ付装置の改善 ● はんだ付装置の改善

Table 4-1 Problem list for the wave soldering and its counter measures.

Problems on Pb-free wave soldering	Counter-measures
<ul style="list-style-type: none"> ● Increase of dross generation & occurrence of defect. ● Management of alloy composition and intermix of impurities. ● Instability of wave height. ● Decline of through-hole finish trend. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Suppression of dross, prevention of oxidation (N₂ Atmosphere) ● Periodical check-up, earlier exchange. ● Improvement of the soldering equipment. ● Improvement of the soldering equipment.

図4-1にはPbフリーはんだ合金の噴流時のドロスの発生量を示します。いずれも、大気中で測定したものです。酸化され易い金属（InやZn）を含むはんだ合金は、ドロスの発生量が大幅に増加する傾向を示します。一方、Sn-Ag-Biはんだは共晶はんだに比較して15%程度の増加を示しています。この程度であれば、ディップ時に、N₂雰囲気下によつて、ドロスの発生量は大幅に改善できるものと考えられます。

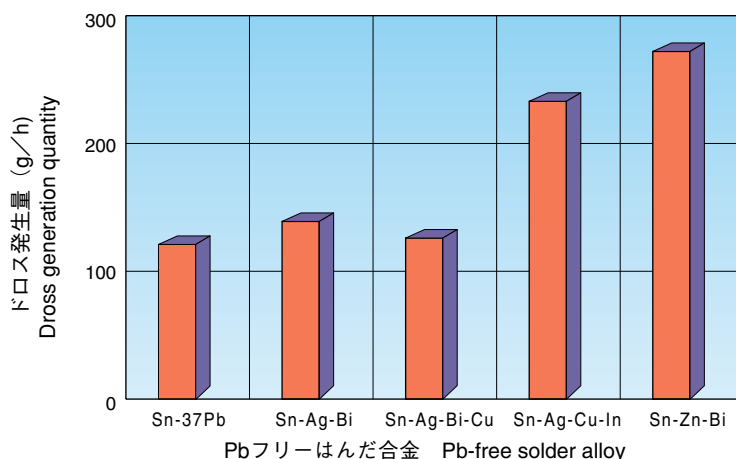


図4-1 Pbフリーはんだ合金の噴流時のドロスの発生量

Fig. 4-1 Dross generation quantity in wave of Pb-free solder alloy.

図4-2には、Sn-3.5Agはんだを用いて、大気とN₂下でスルーホール上がり性を比較した断面写真を示します。実験に使用したディップ槽は、弊社製のMr.FLIP方式（図4-3）を採用しています。Mr.FLIP方式は、電磁誘導方式を採用しており、通常のディップ方式に比較して、スルーホール部分へ溶融はんだを強制的に供給する事が可能です。フィレットの形は、酸素濃度を100ppm程度にすると、大気に比較して高くなる傾向を示します。しかし、写真で観察する限り大気でも十分なフィレットを形成しています。また、リードの表面状態によるぬれ性の差はほとんど認められません。



図4-3 フリップ式はんだ槽

Fig. 4-3 Mr. FLIP system soldering bath.

電磁誘導による駆動方式

特長

- 変動の少ない波
- 表面が滑らか
- 素早い応答性
- はんだ容量が少ない
- はんだ槽材質 SUS316
- はんだ槽ドレーン専用ヒーター標準装備

Fig. 4-1 shows a generated quantity of the dross on jet time of Pb-free solder. Those were measured respectively in atmosphere and the alloy which include easily oxidized metals (In & Zn) tends to increase largely a dross generation quantity, while Sn-Ag-Bi solder shows an increase by 15% level in comparison with the eutectic solder.

Dross generation quantity seems to be improved to a great extent through making it below N₂ atmosphere while dipping, if the increase is at this level.

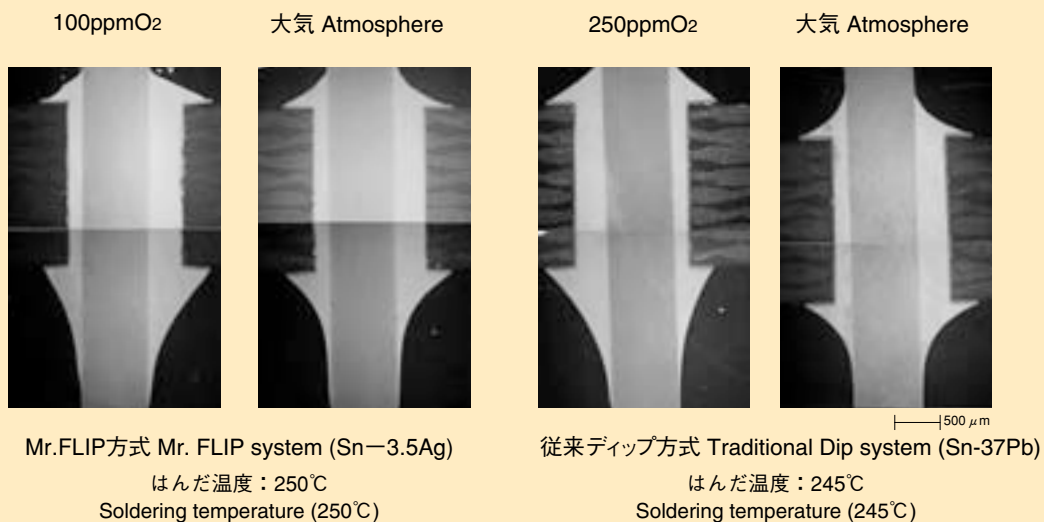
Fig. 4-2 shows a cross section photograph for comparison of through-hole finish trend under atmosphere and N₂, using Sn-3.5Ag solder. Dip bath used for the experiment adopted Mr. FLIP system (Fig. 4-3) made by TAMURA. Mr. FLIP system adopts a magnetic conduction system and capable to make a forced supply of melting solder to through-hole part, compared with the ordinary dip system. Fillet form tends to become higher compared with atmosphere if oxygen density is made to 100ppm level, however, a proper fillet is formed even in atmosphere as far as we see in the photograph. Difference of wetness can hardly be seen at surface of the lead.

Driving system by magnetic conduction:

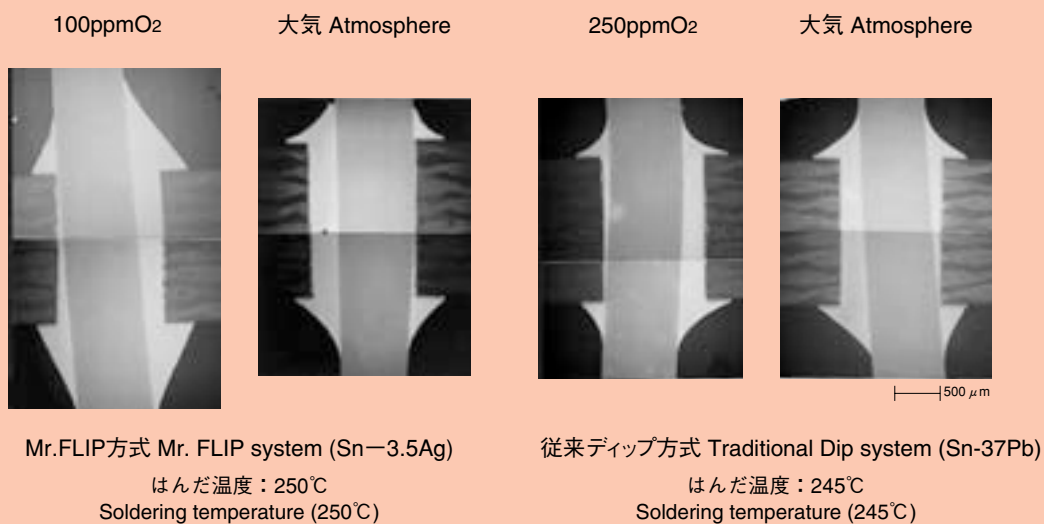
Features

- Wave with less fluctuation.
- Smoother surface.
- Quick response.
- Less solder capacity.
- Material used for soldering bath : SUS 316.
- With heater of solder drain.

8Pコネクタ、Snめっき 8P Connector, Sn plating.



Cu 0.8mmφ、はんだめっき Solder plating



Cu 0.8mmφ

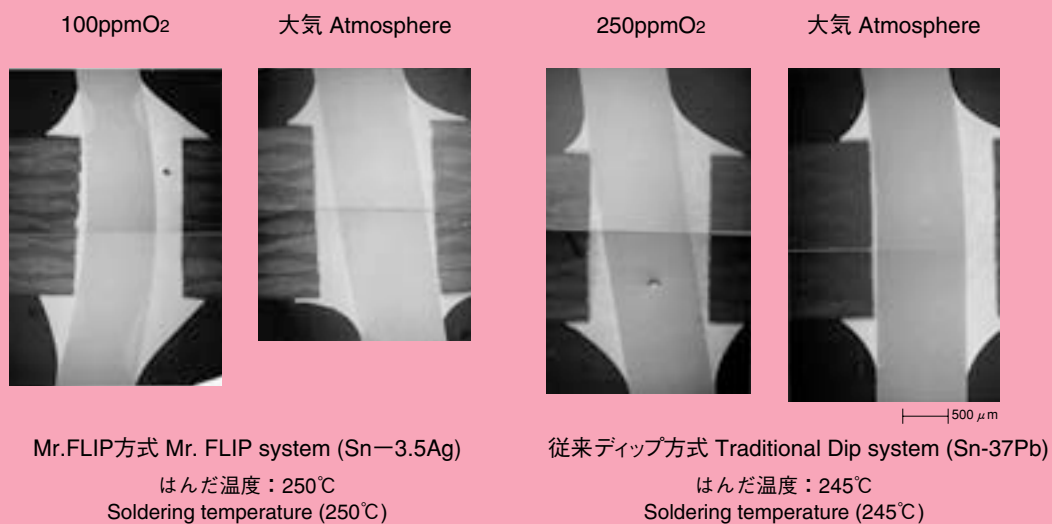


図4-2 Mr.FLIP方式と従来ウェーブ方式におけるスルーホールに対する接合断面写真

Fig. 4-2 Joint cross section photographs for the through-hole in Mr. FLIP system and traditional wave system.

5

タムラのPbフリーはんだ付へのアプローチ TAMURA's approach toward Pb-free soldering

Pbフリーはんだを用いたはんだ付には、まだ多くの調査しなければならないことがあります。Pbフリーはんだは、優れた特性を有する反面解決しなければならない点も多く残されています。Pbフリー化を実現するためには、現状の実装プロセスに関係する多くの分野の積極的な協力が必要で、全てはんだ材料で解決できる問題ではありません。

There are many issues which need further research and study for the soldering which used Pb-free solder. Pb-free solder has superior characteristics while also has many items to be solved. For the completion of Pb-free activities, positive co-operation by various branches related to current mounting process is indispensable and the solder materials alone unable to settle the problem.

タムラは、基板材料、はんだ付材料、はんだ付装置といったはんだ付に必須の分野を市場に供給しています。この点から、Pbフリー化実現に対して、弊社の役割は大きく、図5-1に示すような分野からのアプローチが可能です。

TAMURA Corporation is providing the market with substrate materials, soldering materials and soldering equipment which thoroughly cover whole industry needs. Under the circumstances, a role TAMURA can play seems great for materialization of Pb-free activities, presenting intensive approaches as described in the below chart.

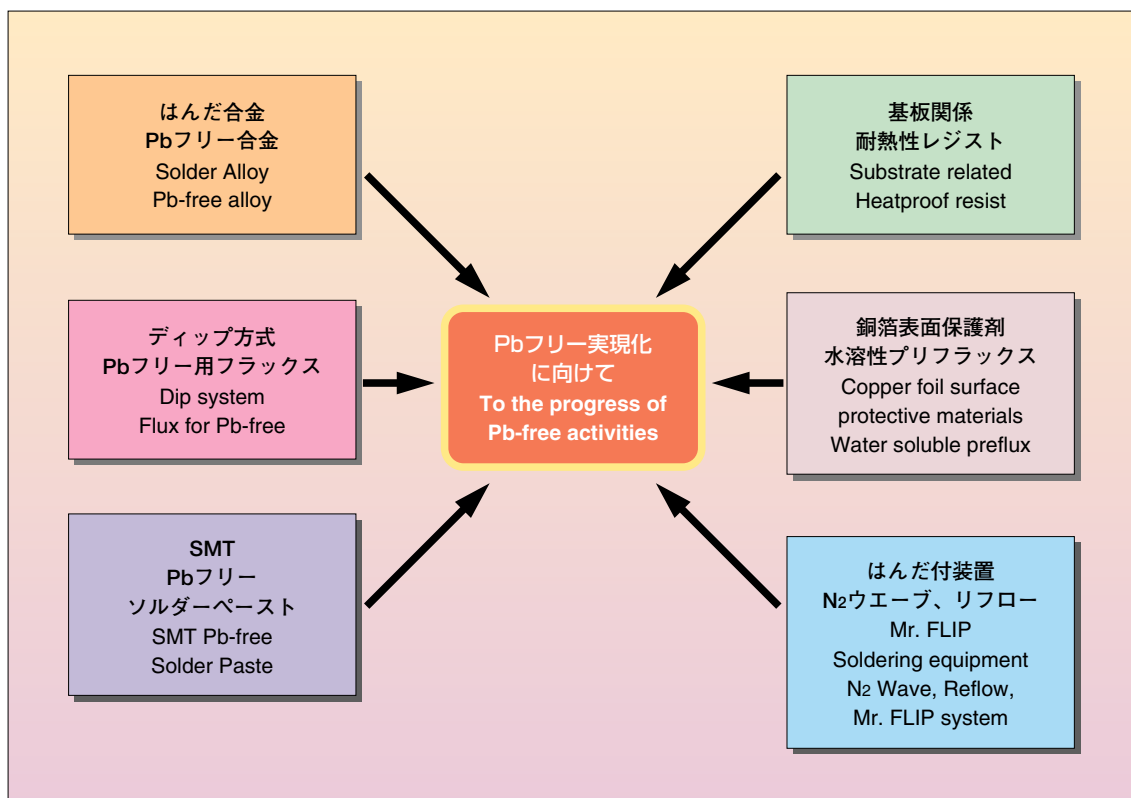


図5-1 タムラのPbフリーはんだ付の実現に向けてのアプローチ
Fig. 5-1 TAMURA's approach toward the progress of Pb-free soldering.

2 GUIDANCE

Presentation
by TAMURA

鉛フリー はんだ付技術

<プロセス設計へのアプローチ>

Pb-FREE SOLDERING TECHNOLOGY

<An Approach to Process Design>

INDEX

PAGE

1	はじめに13
	Introduction

2	Pbフリーはんだ合金について14
	Pb-free Solder Alloy
	(1)機械的性質 Mechanical Properties 14
	(2)ぬれ性に関して Wettability 15
	(3)Pbフリーはんだとめっきとの関係 Relationship Between Pb-free Solder and Plating 16

3	Pbフリー用フラックスに関して17
	Flux for Pb-free Use

4	Pbフリー用ソルダーペースト18
	Pb-free Solder Paste

	Pbフリーはんだ対応自動はんだ付装置20
	Automatic Soldering Equipment for Pb-free Solder
5	(1)Pb フリーはんだとはんだ付装置 Pb-free Solder and Soldering Equipment 20
	(2)はんだとウェーブはんだ付装置 Solder and Wave Soldering Equipment 20
	(3)はんだとリフローはんだ付装置 Solder and Reflow Soldering Equipment 21

6	むすび21
	Conclusion

“鉛フリー（Pbフリー）はんだ付技術ガイダンス（No.1）”では、Pbフリーはんだの必要性和簡単なはんだ付の結果をご紹介しました。

Pbフリーはんだ合金全般については、おおむね以下の様な使用上の留意点が列記されます。従って、Pbフリーはんだ付においては、これらの次項を改善する必要があります。

- (1) ぬれ広がり性が悪い
- (2) ぬれ時間が長い
- (3) 融点が高い
- (4) Pbの混入による信頼性への影響
- (5) Pbフリーはんだに合った設計が必要
- (6) Pbフリーはんだのためのシステム開発

本ガイダンスでは、数々のPbフリーはんだ合金から、検討が進められているSn-Ag系はんだを中心とした結果について概説します。

In the "Guide for Lead-Free (Pb-free) Soldering Technology No.1", an introduction to the necessity of Pb-free soldering and to the results of simple soldering was made. In regards to Pb-free soldering alloy in general, attention shall be given to the following points in their use :

- (1) Poor quality of wetting spread.
- (2) Lengthy wetting time.
- (3) High melting point temperature.
- (4) Reliability influences due to Pb mixing.
- (5) Necessary design matching with Pb-free soldering.
- (6) Pb-free soldering system development.

In Pb-free soldering, therefore, it will be necessary to improve these items.

In the present guide, an outline will be given of numerous Pb-free soldering alloy and of the results centering around the Sn-Ag series solder being studied.

2 Pbフリーはんだ合金について Pb-free Solder Alloy

1 機械的性質

Sn-Pb系はんだの代替はんだ合金として、主な合金組成とSn-37Pb共晶はんだとの簡単な比較を表1に示します。

ぬれ性は、いずれの組成においても劣っています。また、溶融温度も悪い結果となっています。しかし、熱疲労においては、優れた性質を示しています。このことは、Pbフリーはんだの新たなはんだ付材料としての可能性を提起しています。

表1 Pbフリーはんだの分類と簡単な比較

Table-1 Classification of Pb-free solder and simple comparison

合金組成 Alloy composition	ぬれ性 wettability	溶融温度 Melting temperature	コスト Cost	機械的性質 Mechanical properties	熱疲労 Thermal fatigue
Sn-Ag	×	○	△	△	○
Sn-Ag-Cu	×	△	△	○	○
Sn-Ag-Bi	○	△	△	△	○
Sn-Bi-Cu	○	△	○	△	○
Sn-Cu	×	△	○	○	○
Sn-Zn-Bi	×	△	○	○	○
Sn-Sb	×	○	○	○	○

図1には、Sn-Ag系はんだのBiの添加と機械的性質を示します。Sn-3.5Agは221℃の共晶組成ですが、Sn-37Pb共晶はんだに比較して融点が38℃も高く、Biの添加による低融点化が検討されています。Biを添加すると伸びは大きくなりますが、5%Bi以上では大きな差がありません。反面、引張強度は低下します。疲労寿命はBiの添加によって低くなり、またSN曲線も低くなります。

1 Mechanical Properties

As a substitute solder alloy of the Sn-Pb series solder, major alloy compositions and a simple comparison to Sn-37Pb eutectic solder is shown in Table 1.

Wettability is inferior in either one of the compositions. Furthermore, the melting temperature scores bad results. In thermal fatigue, however, an excellent quality is demonstrated. This brings forward a possibility for Pb-free solder as a new soldering material.

Fig.1 shows the addition of Bi to the Sn-Ag series solder and mechanical properties. Sn-3.5Ag is an eutectic composition of 221℃. However, its melting point is higher than Sn-37Pb eutectic solder so much as 38℃ so that the lowering of the melting point is considered by the addition of Bi. When Bi is added, the elongation becomes greater. However, there is no great difference when the addition exceeds 5% Bi. On the other hand, tensile strength declines. With the addition of Bi, fatigue life becomes low and so does the SN curve.

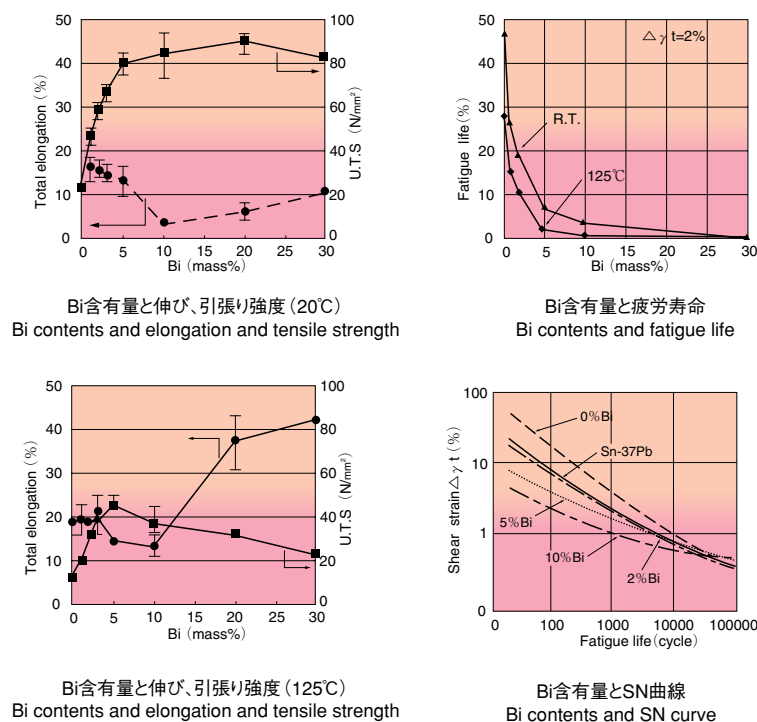


図1 Sn-Ag系はんだに対するBiの添加と機械的性質の変化

Fig.1 - Addition of Bi to Sn-Ag series solder and change in mechanical properties
cf: Microjoining and Assembly Technology in Electronics p77(1997).

2 めれ性に関して

図2にはメニスコグラフによるめれ時間と作用力の関係を示します。Sn-3.5Ag-Cuでは、Cuの含有量が増加するにしたがって、めれ時間は短くなる傾向にあります。Cuの添加によるめれ性への効果は認められますが、0.6s程度でそれ以上は期待できません。一方、作用力はCuの添加によってほとんど影響を受けません。

2 Wettability

Fig.2 shows the relationship between wetting time and force by using "Meniscograph". In Sn-3.5Ag-Cu, wetting time tends to become shorter as Cu contents increases. Although the effect of the addition of Cu on wettability is recognizable, it is only in the order of 0.6s or thereabouts. Not much more than that can be expected. On the other hand, wetting force is not at all affected by the addition of Cu.

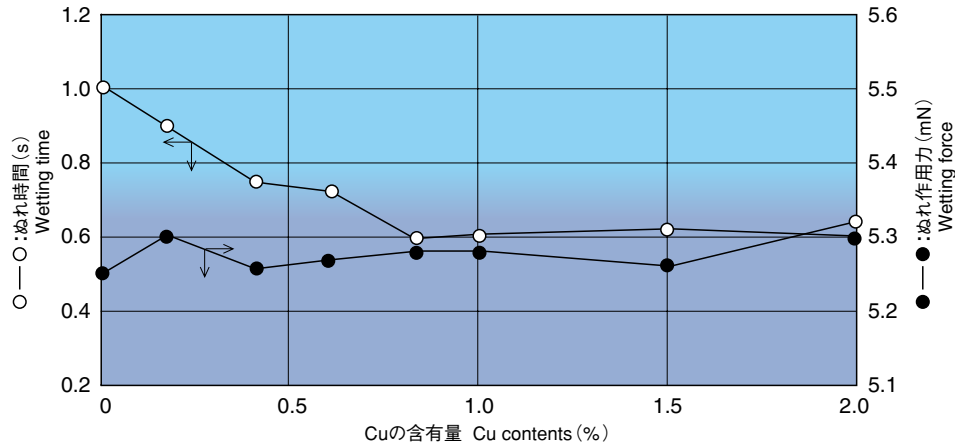


図2 メニスコグラフ法によるSn-3.5Ag-Cuにおけるめれ時間とめれ作用力の関係

Fig.2 - Relationship between wetting time and force in Sn-3.5Ag-Cu by use of "Meniscograph"

はんだ付温度 : 250℃

試験片 : Cu

フラックス : CF-110VH-2A

浸漬時間 : 5s

浸漬速度 : 5mm/s

浸漬深さ : 1mm

図3には、銅板上におけるめれ広がり率について調べた結果を示します。Sn-3.5Ag に対して、CuとBiを添加するといずれも改善される傾向にあります。しかし、Cuに関しては、0.8%以上では効果が弱くなり、2%添加すると低くなります。一方、Biは、15%まで少しずつ上がってゆく傾向を示しますが、変化率は小さな値です。機械的特性を考慮すると、Biは5%以下となり、めれ広がり率の改善効果は期待できません。

Fig.3 shows the results of an investigation on wettability spread factor on copper plate. The addition of Cu and Bi in Sn-3.5Ag causes a tendency for improvement in either cases. As for Cu, however, the effect becomes weaker in excess of 0.8% and it gets lower in case of adding 2%. In Bi, on the other hand, the rate of change is small though Bi tends to increase little by little up to 15%. Considering mechanical characteristics, it will become less than 5% of Bi so that no effect can be expected by solder spread factor.

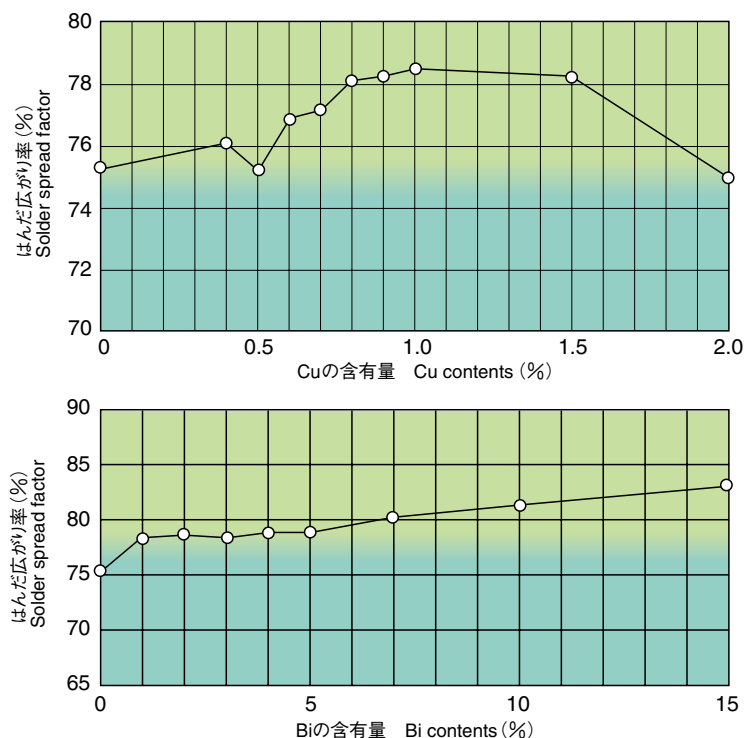


図3 Sn-3.5Ag系におけるCuとBi含有量とはんだ広がり率の関係

Fig.3-Relationship between Cu, Bi contents and solder spread factor in the Sn-3.5Ag series

はんだ付温度 : 250℃
試験片 : Cu

図4には、はんだ付温度とぬれ時間の関係を示します。はんだ付温度を高くするとぬれ時間は速くなる傾向にあります。250℃では1s程度まで速くなりますが、共晶はんだには及びません。この様に、Pbフリーはんだ合金のぬれ性は、添加金属成分、はんだ付温度等によって、改善できる可能性が少なく、大きな問題となっています。

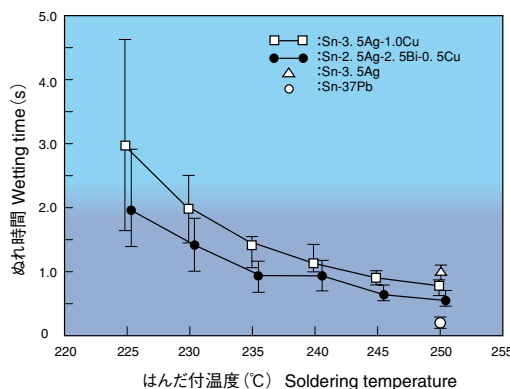


図4 Sn-Ag系Pbフリーはんだのはんだ付温度とぬれ時間の関係

Fig.4 - Relationship between soldering temperature and wetting time in the Sn-Ag series Pb-free solder

図5は、窒素雰囲気下におけるはんだ付性を調査した結果です。100ppmO₂と低い酸素濃度ですが、ぬれ性の改善はほとんど認められません。しかし、窒素リフローはんだ付においては、はんだ付不良の減少に効果があるとの報告もあることから、生産性の向上は期待できます。

Fig.5 shows the result of investigation of solderability under nitrogen ambience. Practically no improvement is seen in wettability though oxygen concentration is as low as 100ppm O₂. In nitrogen reflow soldering, however, there is a report that it has been effective for the reduction of defective soldering so that expectation can be placed on the improvement of productivity.

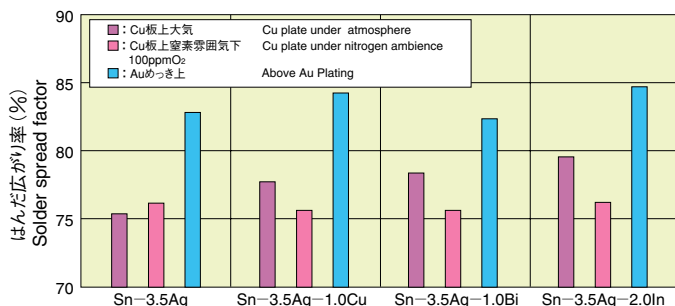


図5 大気と窒素雰囲気下におけるはんだ広がり率の影響

Fig.5 - Influence of solder spread factor under atmosphere and nitrogen ambience

3 Pbフリーはんだとめっきとの関係

すでに、PbフリーはんだはCu板に対するはんだ付性が劣ることを述べました。ここでは、ぬれ性の改善として、各めっきとはんだ付性の関係を記載します。図6には、各種めっきに対するはんだ広がり率の関係を示します。Sn、Sn-Ag、Sn-Biめっきについては、Cu板に比較して大幅にぬれ性が向上しています。これはNi板を母材とした場合でも同様です。ほとんど90%以上のぬれ広がり率を示しています。このことから、部品及び銅箔ランドに対して、これらのめっきを施すことによって、ぬれ性はかなり回復できることを示しています。

3 Relationship between Pb-free Solder and Plating

It has been described already that Pb-free solder is inferior in solderability to Cu plate. For the improvement of wettability, the relationship between plating and solderability will be described here. Fig.6 shows the relationship between plating and solder spread factor. As for Sn, Sn-Ag, Sn-Bi plating, a substantial improvement is seen in wettability on Cu plate. The same applies to the cases using Ni plate as base material. Wettability spread factor of more than 90% is shown in most cases. This shows that wettability can be recovered fairly well if these plating were given to parts and copper foil land.

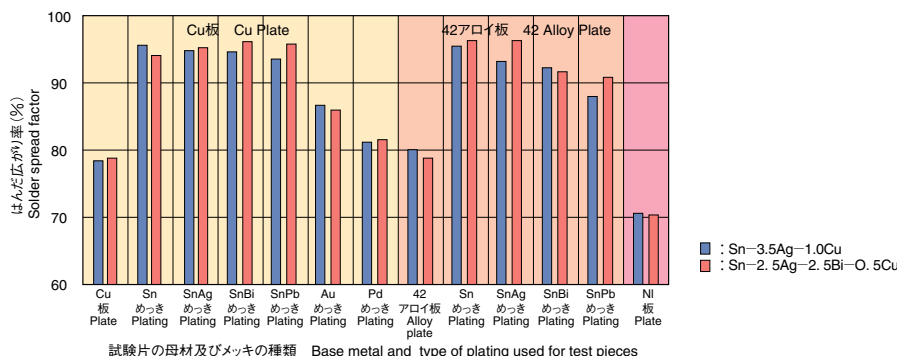


図6 各種めっきに対する2種類のPbフリーはんだによるはんだ広がり率の比較

Fig.6 - Comparison of solder spread factor by use of two types of Pb-free solder on plating

3 Pbフリー用フラックスに関して Flux for Pb-free Use

Sn-Ag-Cu及びSn-Ag-Bi-CuのPbフリーはんだに対するポストフラックスの基本的な特性を表2に示します。低残さタイプと超低残さタイプの2種類を用意しております。いずれも発泡とスプレーで塗布ができます。表3にはスルーホールはんだ上がり率の結果を示します。樹脂系耐熱プリフラックスを用いると、大気、窒素雰囲気下いずれもはんだ上がり率は問題ありません。しかし、水溶性耐熱プリフラックスでは、リフロー回数が増すと低くなる傾向にあります。ファイン化に対しては、水溶性耐熱プリフラックスは大変有効な手段ですが、耐熱性の点において、課題が残されています。

Table 2 shows the basic characteristics of post flux as against Pb-free solder of Sn-Ag-Cu and Sn-Ag-Bi-Cu. There are two types of flux prepared a low residue type and an ultra low residue type. Both of them can be applied by foaming and spraying.

Table 3 shows the results of through hole up rate. If resin-based heat resistant pre-flux is used, it will cause no problems in through hold up rate either under atmosphere or nitrogen ambience. In water soluble heat resistant pre-flux, however, there is a tendency to get low as reflow frequency increases. Though water soluble heat resistant pre-flux will provide a very effective means for the process of fining, problems will exist in the point of heat resistance.

表2 Pbフリー用ポストフラックスの基本的な特性
Table-2 Basic characteristics of post flux for Pb-free use

項 目	Item	低残さタイプ Low residue type EC-19S	超低残さタイプ Ultra low residue type EC-15
比重	Specific gravity	0.817	0.808
固形分含有量	Solid content (%)	15	6.0
粘度	Viscosity (mPa・s)	2.7	2.8
塩素含有量	Chlorine content (%)	0.08	0.00
はんだ広がり率 Solder spread factor	(%)	79 (Sn-Ag -Cu) 81 (Sn-Ag -Bi-Cu)	78 (Sn-Ag -Cu) 81 (Sn-Ag -Bi-Cu)
塗布方法	Application	発泡及びスプレー Foaming and spraying	発泡及びスプレー Foaming and spraying

表3 表面処理の違いによるスルーホールはんだ上がり率
Table-3 - Through hole up rate under atmosphere and nitrogen ambience

(unit:%)

加湿劣化条件 Conditions of deterioration by humidification	リフロー処理 Reflow treatment		RT-02R	WPF-106A	比較 B Comparison B
	雰囲気 Ambience	回数 Time			
無し None	無し None		100	100	100
	N ₂	1	100	100	100
	N ₂	2	100	95	100
	AIR	1	100	100	100
	AIR	2	100	94	87
40℃ 90%RH 96hrs	無し None		100	100	100
	N ₂	1	100	100	100
	N ₂	2	100	98	100
	AIR	1	100	100	100
	AIR	2	100	94	96

はんだ組成 Solder composition:Sn-3.5Ag-0.7Cu フラックス Flux:ULF-210R はんだ付温度 Soldering temperature:250℃

4 Pbフリー用ソルダーペースト Pb-free Solder Paste

ソルダーペーストに関しては、TLF-19シリーズ（表4）を開発しております。いずれも、0.4mmピッチのファイン化対応を可能としています。表5には、種々のPbフリーはんだの特性を示します。Pbフリーソルダーペーストの一般的なCAPプロファイル(Conventional Activated Reflow Temperature Process Profile)を図7に示します。半導体やコネクターなどの耐熱性の弱い部品を考慮して、ピーク温度は230～240℃としています。しかし、リフロープロファイルは、部品のヒートマスの関係を十分考慮して設定する必要があります。

With respect to solder paste, TLF-19 series (Table 4) have been developed. Both of them are capable of properly dealing with refining at 0.4mm pitch. Table 5 shows the characteristics of Pb-free solder. **CAP** profile (**C**onventional **A**ctivated **R**eflow **T**emperature **P**rocess **P**rofile) of Pb-free solder paste is shown in Fig.7. Peak temperature is set at 230 to 240℃ in consideration of parts weak in heat resistance like semi-conductors and connectors. Reflow profile, however, needs to be set by giving full consideration to the relationship of parts with heat mass.

表4 Pbフリー用 ソルダーペーストの基本的な特性
Table-4 Basic characteristics of Pb-free solder paste

項目	Item	TLF-201-19	TLF-204-19	TLF-301-19	TLF-302-19
合金	Alloy composition (%)	Sn/3.5Ag/0.7Cu	Sn/3.0Ag/0.5Cu	Sn/2.5Ag/2.5Bi/0.5Cu	Sn/2.5Ag/1.0Bi/0.5Cu
融点*	Melting point (℃)	215～220	216～220	207～218	214～221
粒度	Particle size (μm)	20～38	20～38	20～38	20～38
フラックス含有量	Flux content (%)	11.8	11.8	11.8	11.8
塩素含有量	Chlorine content (%)	0.0	0.0	0.0	0.0
粘度	Viscosity (Pa・s)	210	210	210	210

* DSCによって測定 Measured by DSC (Differential Scanning Colorimetry)

表5 Pbフリーはんだの特性一覧表*
Table-5 List of characteristics of Pb-free solder paste

品名	Item	Pbフリーはんだ Pb-free solder					共晶 Eutectic
合金組成	Alloy composition	Sn-Ag	Sn-Zn-Bi	Sn-Ag-Bi	Sn-Ag-Cu-In	Sn-Ag-Bi-Cu	Sn-Pb
融点 (℃) Melting point	固相 Solid phase	221	158	178	208	186	183
	液相 Liquid phase		193	212	220	217	
強度	Strength	85	85	50	110	60	100
クリープ	Creep	100	65	100	100	100	100
広がり Spread factor	酸化銅板 Copper oxide plate	80	75	90	80	50	100
	ニッケル板 Nickel plate	90	70	90	90	90	100
	42 アロイ板 42 Alloy plate	70	85	90	90	90	100
保存安定性	Storage stability	—	×	○	—	—	—
印刷時の粘度安定性	Viscosity stability during printing	—	—	△	—	—	○

* 共晶はんだSn-37Pbを100とした値 Conversion value to 100% of Sn-37Pb eutectic solder

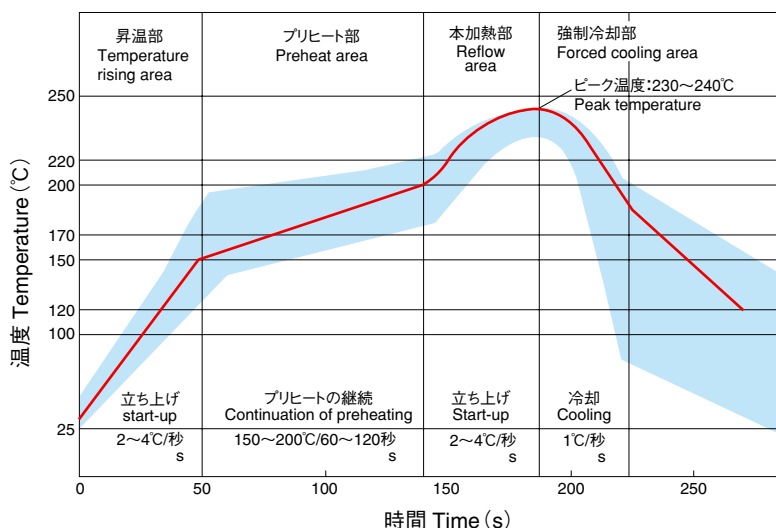


図7 Sn-Ag-Cu系ソルダーペーストの適合温度プロファイルの一例

Fig.7 - An example of suitable temperature profile for solder paste of the Sn-Ag-Cu series

図8は、Sn-Ag-Bi-Cuの solder パステットにおける217℃の溶融温度時間と接合強度の関係を調べた結果です。溶融時間が長くなると接合強度は上がる傾向を示しています。これは、溶融時間を長くすることによって、合金層の成長をうながし、接合状態が改善することを示しています。部品の耐熱性の関係でピークを上げることが困難ですので、ピークを平滑にすることによって、はんだ付性を向上させることが可能です。

HAT profile(Hybride Activated Reflow Temperature Process Profile)

Fig.8 shows the results of checking the relationship between melting temperature time of 217℃ and connecting strength in solder paste of Sn-Ag-Bi-Cu. It shows a tendency of connecting strength going up as melting time is lengthened. This shows the improvement of connecting conditions through the acceleration of the growth of alloy layer by lengthening melting time. As it is difficult to raise the peak in connection with the heat resistance of parts, improvement of solderability will be possible by **HAT profile**(Hybride Activated Reflow Temperature Process Profile)

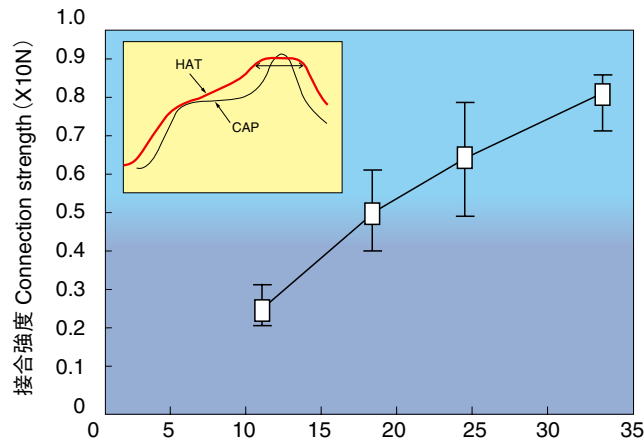


図8 Sn-Ag-Bi-Cuのリフロー温度域（217℃以上）と接合強度の関係

Fig.8 - Relationship between reflow temperature range (over 217℃) of Sn-Ag-Bi-Cu and connection strength

図9には、ファインピッチにおける印刷性を体積率の変化で見た結果を示します。オープニングサイズが0.15mmと狭小になっても、転写される solder パステットの量にはほとんど変化がありません。

Fig.9 shows the results of printability in fine pitches as seen from volume change solder paste. Even if the opening size grows as narrow as 0.15mm, there is practically no change in the amount of solder paste transcribed.

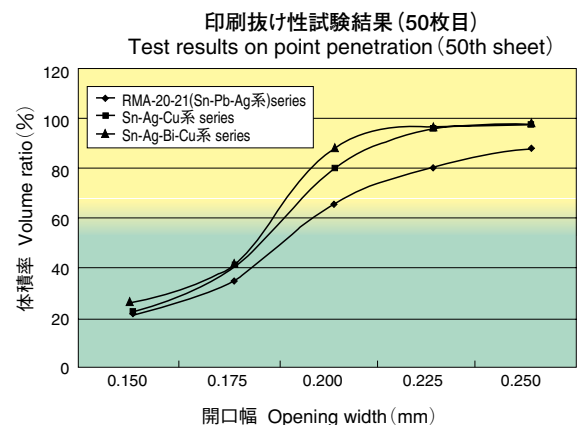
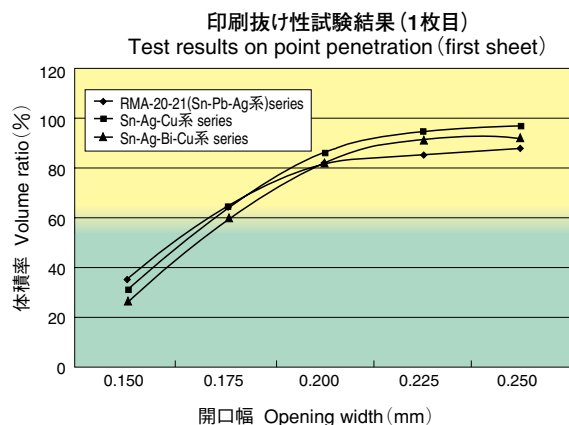


図9 オープニングサイズの違いによる solder パステットの体積率の変化

Fig.9 - Volume change in solder paste by difference in opening size

レーザー 3次元解析装置 Laser 3rd dimensional analyzer

1 Pbフリーはんだとはんだ付装置

関係者の不断の努力により、各種のPbフリーはんだが開発され、おのおのの立場から各種評価が行われ、いよいよ量産化に向けた最終段階に向け、アクセルがかかっているとタムラは考えます。これまで公表されているはんだと装置のかかりについて様々な視点からみたものを表6に示します。(順不同)

表6 はんだと装置のかかり

Sn-Pb共晶はんだとの比較

- 作業温度はおおむね250℃と高い。
- 酸化されやすい。
- 流動性がない。
- スルホールフローアップが低い。
- はんだ付不良が生じやすい(ブリッジなど)。
- 比較的凝固しやすい。
- はんだによりフィレットリフトオフが問題である。
- はんだにより窒素雰囲気が良い。
- はんだ付温度によりぬれ広がり性が異なる。
- リフローでは温度のバラツキを小さくする必要がある。

これらの経験的事象は装置への要求事項であり、ウェーブはんだ付装置、リフローはんだ付装置双方にとって装置側で対応すべき必然的課題、すなわち仕様ととらえることができます。

**2 はんだとウェーブはんだ付装置**

表6のキーワードからタムラのアプローチの一端を以下、ご紹介いたします。

(1) 作業温度

基板上に搭載されるSMDの耐熱性の観点から、従来にも増してはんだ付温度の上限をきびしくチェックする必要があります。このことはPID制御¹⁾が必須であり、噴流面における温度のバラツキの最小化を測る必要があります。

(2) 酸化防止

はんだの表面を酸化膜が平行するため、この膜が基板に付着してはんだ付性を阻害することのないよう対策を講ずる必要があります。窒素ガスの供給が確実な対策法でしょう。残留酸素濃度と酸化物生成データ²⁾からおおよそ10000ppmは下回る必要があるでしょう。また、酸化物の生成に影響する水頭差はできるだけ縮小すると好結果が得られます。

(3) 流動性及びフローアップ

基本システムはダブルウェーブで行います。フローアップは1次ノズルに依ります。2次仕上げウェーブはFLIPジェットノズル³⁾または平滑ウェーブノズル⁴⁾で対応しています。

1 Pb-free Solder and Soldering Equipment

Tamura considers that through the incessant efforts of people concerned, various types of Pb-free solder (hereunder abbreviated as solder) have been developed, evaluations made from different standpoints and the development accelerated toward the final stage for mass-production. Table 6 shows what has been seen from various viewpoints about the relationship between the solder and equipment made public heretofore. (Not in order).

Table 6 - Relationship between solder and equipment

As compared with Sn-Pb eutectic solder.

- Operating temperature is generally 250°C. (Too high)
- Easily oxidized.
- Has no fluidity.
- Through hole low in flow-up.
- Tends to cause defective soldering (like bridges).
- Coagulates relatively easily.
- Fillet lift-off is problematical depending on solder.
- Nitrogen ambience works better, depending on solder.
- The spread of wettability varies depending on soldering temperature.
- Necessary to minimize dispersion in temperature in reflow.

These empirical phenomena being requirements for equipment, they can be taken as assignments to be inevitably solved on the side of equipment to both wave soldering equipment and reflow soldering equipment, that is, specifications.

2 Solder and Wave Soldering Equipment

From key words as contained in Table 6, part of approaches made by Tamura are introduced hereunder:

(1) Operating Temperature

It is necessary to severely check the upper limit of soldering temperature than ever before from the viewpoint of the heat resistance of SMD mounted on boards. This will make PID control ¹⁾ essential. It will be necessary to minimize dispersion in temperature on jet plane.

(2) Prevention of Oxidization

Since oxidized film moves backward over the surface of solder, it will be necessary to take measures to assure that the film will not hamper solderability, adhering to the boards. The supply of nitrogen gas will be a sure countermeasure. It will be necessary to go below approximately 10,000ppm from the data on residual oxygen concentration and generation of oxides²⁾. A good result will be obtained if the water head difference affecting to the generation of oxides were cut down as far as possible.

(3) Fluidity and Flow-up

The basic system will be operated by double waves. Flow-up will be dependent on the primary nozzle. The secondary finish wave will be given by using either FLIP jet nozzle³⁾ or smooth flat wave nozzle⁴⁾.

(4) はんだ付不良とフラックス塗布

フラックスの塗布量とフローアップ率は重要な相関にあり⁵⁾、フラックスの塗布量の管理が高精度に行えるスプレーフラクサー「TAF40-12V」で対応できます。前述のスーパージェットウェーブでは仰角の適正設定、パロット2, 3ウェーブではピールバックポイントの最適化でブリッジ不良も低減できます。

(5) フィレットリフトオフ

はんだの凝固特性から、従来に増して装置の高精度化を図っています。

(6) むれ広がり

はんだ温度もさることながら浸漬時間も重要なパラメーターです。

3 はんだとリフローはんだ付装置

リフローはんだ付装置は、ズバリ温度制御の高精度化が求められています。装置の構成を大別すると温度変換部（ヒーター）／ワーク加熱部（ファーンレス）／ワーク冷却部（クーリング）／ワーク搬送部（コンベヤ）からなります。

(1) 温度変換部（ヒーター）

赤外線波長帯を搭載されるSMDや基板に最も適した吸収バンドを選択し、基本的に新規設計特殊ヒーターで対応します。

(2) ワーク加熱部（ファーンレス）

前述ヒーターで加熱し、熱風による冷却適温化が計れます。

(3) ワーク冷却部（クーリング）

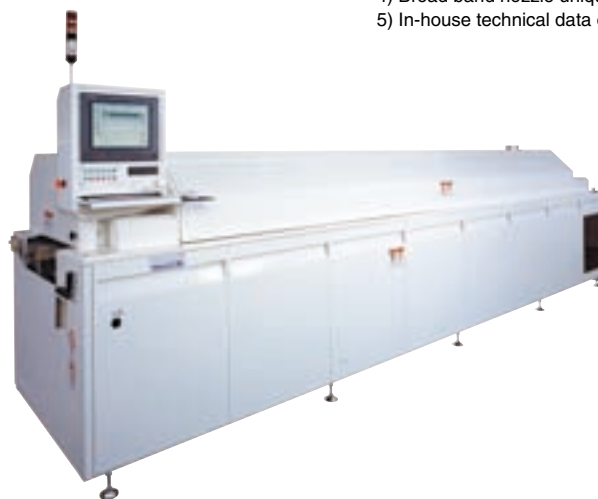
強化タイブインタークーラー方式で対応できます。

(4) ワーク搬送部（コンベヤ）

剛性に留意したタムラ独自のアルミ引き抜きレールで安定した搬送が確保できます。

以上の設計対応、及び図8のハット(HAT)プロファイルの可能なゾーン構造により、温度の高精度化を期します。

- 注1) 比例積分微分温度調の略
2) 当社社内技術資料による
3) 当社独自のスリットノズル
4) 当社独自の広帯域ノズル
5) 当社社内技術資料による



(4) Defective Soldering and Flux Application

The amount of flux application and flow-up rate are in an important correlation⁵⁾. The amount of flux application can be controlled at a high precision if Spray Fluxer "TAF40-12V" is used. Bridge defects can be reduced if the elevation angle were properly set in the super jet wave described before and if the peel back point were optimized in the parrot 2, 3-wave.

(5) Fillet Lift-off

Considering the coagulation characteristics of solder, efforts will be made to adopt high precision equipment than ever before.

(6) Spread Factor of Wetting

Dipping time is also an important parameter similar to solder temperature.

3 Solder and Reflow Soldering Equipment

Frankly, high precision temperature control is demanded of the reflow soldering equipment. Broadly classified, the equipment consists of temperature converting unit (heater), work heating unit (furnace), work cooling unit (cooling) and work transfer unit (conveyor).

(1) Temperature Converting Unit (Heater)

Situations can be properly dealt with SMD mounted withinfrared wavelength band, selection of a band best suited for boards and basically with newly designed special heater.

(2) Work Heating Unit (Furnace)

After heating with the heater described above, temperature is optimized by cooling down with hot air.

(3) Work Cooling Unit (Cooling)

Dealt with an intensified type inter-cooler system.

(4) Work Transfer Unit (Conveyor)

Stable transfer is secured with aluminum drawn rails unique of Tamura, paying attention to rigidity.

We will be looking forward to high-precision temperature control with the design as aforementioned and the zone configuration possible of HAT profile as shown in Fig.8.

- Notes : 1) Abbreviation of proportional, integral and differential temperature controller
2) In-house technical data of our company
3) Slit nozzle unique of our company
4) Broad band nozzle unique of our company
5) In-house technical data of our company

6 むすび Conclusion

Pbフリーはんだ付に関する若干の実験結果についてご紹介しました。Pbフリーはんだに関しては、環境保護の立場で、活発に研究され、多くの知見が得られています。その中で、実用化に向けた検討も急速に進められています。しかし、Pbフリーはんだ合金の融点を現状の共晶はんだレベルに下げることが大変難しい課題です。従って、Pbフリーはんだの特長を生かしたシステム開発、周辺技術（部品、基板、装置）の検討が重要となります。

タムラでは、総合的な視野に立って、Pbフリーはんだ付の実現に向けての製品開発を行っています。

An introduction was made to the results of some experiments on Pb-free soldering. With respect to Pb-free solder, research has been conducted actively from the standpoint of protecting environments and many findings obtained. Examination has been promoted rapidly for the practical use of certain findings. However, lowering the melting point of Pb-free solder alloy down to the present level of eutectic solder is a very difficult assignment. It becomes very important, therefore, to examine the development of system and peripheral technologies (parts, boards and devices) making the most of the strong points of Pb-free solder.

Standing on comprehensive viewpoint, Tamura is pushing forward the development of products toward the realization of Pb-free soldering.

3

GUIDANCE

Presentation
by TAMURA

VOCフリー はんだ付技術

VOC-FREE SOLDERING TECHNOLOGY

INDEX

PAGE

1

はじめに23
Introduction

2

VOCフリーに対する要求背景23
Background of Requirements for VOC-Free

3

ポストフラックスのVOCフリー化及び特性25
Turning Post Flux Free of VOC, and its Characteristics

4

スプレーフラクサー28
Spray Fluxer

5

むすび29
Conclusion



1 はじめに

地球温暖化、フロンガスによる成層圏のオゾン層の破壊、ダイオキシン等、地球規模での環境問題が世界的にクローズアップされています。この様な環境問題の中で、対流圏においては、光化学スモッグなどが従来から問題視されてきました。光化学スモッグの発生要因としては、窒素酸化物（NO_x）の排出等が指摘されてきました。近年、揮発性有機化合物（VOC:Volatile Organic Compounds）による光化学大気汚染への影響が欧米諸国を中心として問題になっています。

VOCには発ガン性物質などの有毒性物質として規制の対象となっている物質を含む一方で、光化学大気汚染の原因物質として対流圏のオゾン層の増加の問題にも関係しています。そのために、欧米各国では対流圏オゾンの問題や大気中または飲料水中の有毒物質としてのVOC対策を行っている国が多くあります。

電子機器のはんだ付には、VOCを含んだフロー用のポストフラックスが使用されています。この中には、主としてIPA（イソプロピルアルコール）が溶剤として使われており、環境問題への対策が必要となってきました。本ガイドダンスでは、タムラのポストフラックスに於けるVOCフリーに対する考え方を概説します。

2 VOCフリーに対する要求背景

大都市近郊では、大気汚染によって、光化学スモッグの被害が深刻化しています。特に米国のロサンゼルスでは、その特殊な地形、強い紫外線、排気ガス、工場からのVOCによって光化学スモッグが発生し易い環境にあり、“光化学スモッグの発祥の地”と呼ばれています。その光化学大気汚染のメカニズムを図1に示します。大気中では、排出された多種類の化学物質が関与して、大気汚染の原因を作り上げています。また、各国のVOCに関する取り組みを表1に示します。

米国では、大気浄化法（CAA:Clean Air Act）が1990年末、20年ぶりに改定されました。新たに有毒大気汚染物質として189の物質が定められ、各国にも波紋を呼んでいます。この有毒大気汚染物質のリストには、有機溶剤など現在使用されている化学物質が多く含まれています。当面、緊急性の高い物から排出規制等の措置が実施されます。指定された189物質は発ガン性などの有毒性が問題となっているもので、粒子状汚染物質となる貴金属化合物や高分子量の有機化合物も含まれていますが、その多くはVOCです。

1 Introduction

Environmental problems of a global scale, such as the warming up of the earth, destruction of ozone layer in the stratosphere by Freon gas and dioxin, have been closed up over the world. Amidst of such environmental problems, photochemical smog has hitherto been regarded as a problem in the troposphere. As a cause responsible for the occurrence of photochemical smog, the emission of nitrogen oxides (No_x) and others has been pointed out. In recent years, the influence of photochemical air pollutants by volatile organic compounds (VOC) has become as an issue mostly in countries in Europe and America.

VOC includes toxic substances like carcinogen, which have been designated as the objects of control. On the other hand, it is concerned with the problem of increase of ozone layer in the stratosphere as a causative of air pollution by photochemical smog. Therefore, many countries in Europe and America have been taking countermeasures against VOC as the one responsible for the ozone problem in stratosphere and as harmful substance in the air or drinking water.

Post flux containing VOC has been used for flow soldering for electronic equipment. Isopropyl alcohol (IPA) has been mainly used as the solvent, so that it has become necessary to take countermeasures against environmental problems. Present guidance will briefly explain about the concept of Tamura on the issue of VOC-free in post flux.

2 Background of Requirements for VOC-Free

In the suburbs of large cities, the damage caused by photochemical smog has become serious through air pollution. Los Angeles in the United States, in particular, is called the "birthplace of photochemical smog" since its unique topography, strong ultraviolet ray, exhaust gas and the emission of VOC from factories have created an environment easy to cause photochemical smog. Fig.1 shows the mechanism of its air pollution by photochemical smog. Causes of air pollution are prepared in the air with a variety of emitted chemical substances taking part. Table 1 shows the measures taken by various countries on VOC.

In the United States of America, the Clean Air Act (CAA) has been revised at the end of 1990 after the lapse of 20 years. One hundred and eighty-nine (189) substances have been newly designated as toxic air pollutants to cause repercussions in countries. The list of toxic air pollutants includes a number of chemical substances presently used for organic solvent. Measures like emission control will be taken for the time being, starting with substances of higher urgency. The designated 189 substances have become problematical because of their harmfulness including carcinogen. These substances contain heavy metal compounds and macromolecular organic compounds which turn out to be granular pollutants. The majority of them are VOC.

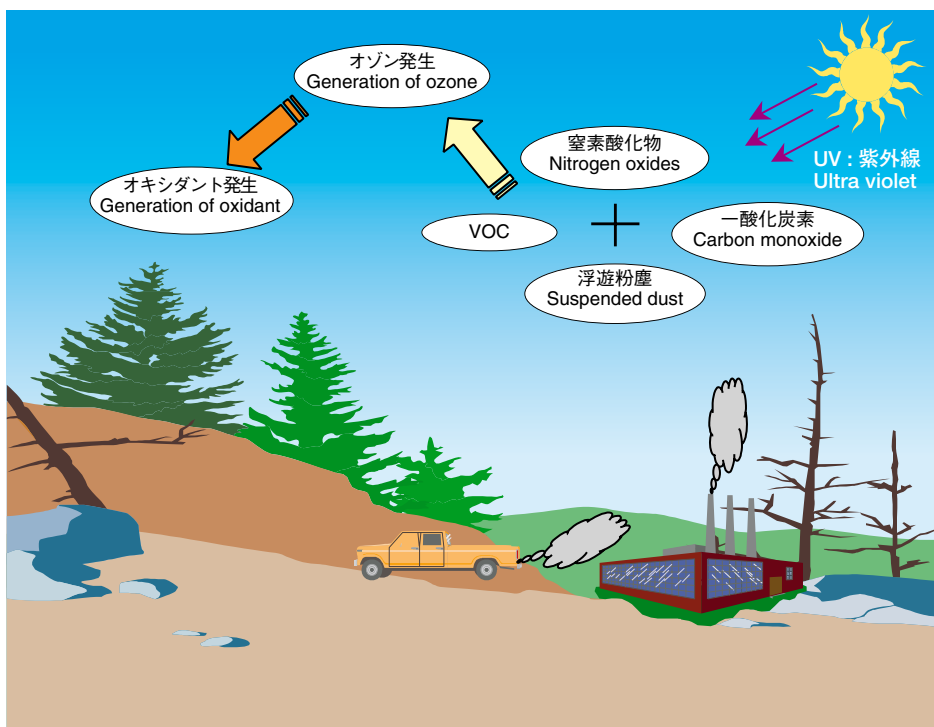


図1 VOCによる光化学大気汚染のメカニズム
種々の物質が関与して、有毒物質に変化します。

Fig.1 - Mechanism of photochemical air pollution by VOC.
Various substances take part in turning them into harmful substances.

表1 主な国のVOCを含めた環境汚染対策の取り組み

Table 1 - Countermeasures taken by major countries in dealing with environmental pollution by VOC and other pollutants

国 Country	年 Year	内容	Particulars
米国 United States	1969年	連邦の大気浄化法 (CAA:Clean Air Act) の制定 ● 光化学活性有機溶剤の排出規制 ● 有毒大気汚染物質排出基準 (NESHAP:National Emission Standard for Hazardous Air Pollutants)	Enactment of the Clean Air Act (CAA) by Federal Government ● Emission control of photochemical active organic solvent ● National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP)
	1990年	CAAの改定 ● VOC排出規制の強化 100t/年→10t/年 ● オゾンの環境基準の未達成地域の解消が目的 ● 合理的利用可能制御技術 (RACT:Reasonable Available Control Technology) を適用する対象規模を拡大 ● 酸性雨対策、自動車排気ガス対策、燃料対策等が盛り込まれている	Revision of CAA ● Intensification of emission control of VOC, from 100t/year to 10t/year ● The purpose is to eliminate areas failing to achieve environmental standards for ozone. ● To expand the objects and scale of application of reasonable available control technology (RACT) ● Countermeasures against acid rain, exhaust gas from automobiles and fuel are incorporated.
EC圏 EC block	1984年	『産業からの大気汚染への挑戦』 (BATNEEC:Best Available Technique Not Entailing Excessive Cost) ● 過剰なコストを強制しない最良利用可能技術による対策技術の開発促進 ● 有毒物質による水や大気汚染防止法の制定	"Challenge from industries to air pollution" (Best available technique not entailing excessive cost (BATNEEC) ● Promotion of the development of countermeasures and technology by use of the best available technique without requesting excessive costs ● Enactment of laws to prevent pollution of water and air by hazardous substances
英国 United Kingdom	1990年	環境保護法の制定 ● 有毒物質としてVOCを指定	Enactment of the Environmental Protection Law ● VOC was designated as a hazardous substance. standards for ozone.
ドイツ Germany	1986年	環境保護法の制定 ● 有毒物質としてVOCを指定	General plan for air pollution prevention technology ● VOC was specified as an object of control.
オランダ Holland		VOC削減計画KWS2000 ● 境界層や対流圏でのオゾンの増加を指摘 ● VOC削減計画、実行計画、国際協力 ● 1981年の50%削減計画	VOC reduction program KWS2000 ● Increase of ozone in the boundary layer and troposphere was pointed out. ● VOC reduction program, execution plan, international cooperation ● Plan to reduce by 50% of 1981 level

各国のVOCに対する環境への影響として、表2の点で共通の認識があります。

表2 各国のVOCに対する環境への影響要因

- 光化学物質の先導的な物質である
- 大気中毒物質の要因
- 地球温暖化の要因

電子機器のはんだ付には、必ずポストフラックスもしくはソルダーペーストが使用されています。両者の中には、VOCに関係する溶剤が含まれています。これは活性剤の溶解、作業性の保持の目的で使われていますが、はんだ付後は全く不要の物質です。従って、はんだ付時にはほとんどが大気中に排出されています。電子機器の生産量の増加に伴い、排出されるVOCが重要な環境問題を起こしていることも考慮しなければなりません。

3 ポストフラックスのVOCフリー化及び特性

ポストフラックスを用いたはんだ付にとって、最も重要な成分は、活性剤です。適確にはんだ付するためには、活性剤を必要な部分に適量塗布する必要があります。現在使用されているポストフラックスの溶剤には、活性剤や樹脂を良く溶解するアルコール系溶剤（主としてIPA）が用いられています。この有機溶剤をVOCフリーにするためには、表3の項目を満足させる必要があります。VOF-007Vは、この様なVOCフリーの要求特性を満足したポストフラックスです。基本特性を表4に示します。又、VOCフリーとなることにより引火性が無く、安全に使用できるフラックスとなることも歓迎すべき項目でしょう。

表3 VOCフリーポストフラックスに対する要求項目

- はんだ付性が劣らないこと
- 信頼性が優れていること
- スプレーや発泡塗布が可能なこと
- 作業性が劣らないこと
- はんだ付後は無洗浄にできること

VOF-007Vは、低VOC化のために、IPAの代わりとして安全な水を溶剤に用いています。しかし、水は、IPAに比較して蒸発潜熱が4倍も大きく、プリヒート時の乾燥性が重要なファクターとなります。さらに、無洗浄化に対しては、はんだ付後の信頼性の確保が重要な問題となります。図2、3には低VOCポストフラックスの絶縁抵抗値を示します。低温回復性にも優れており、また長期の絶縁抵抗値の変化もほとんど認められません。

As regards the influence of VOC to environments, each country is cognizant in common of the points listed in Table 2:

Table 2 - VOC as a factor affecting environment

- Leading substance among photochemical substances
- Causative substance for "poisoning air"
- A cause for warming up the earth.

Post flux or solder paste is used always for the soldering of electronic equipment. Both items include solvent related to VOC. Although the solvent is used for the purposes of dissolving activators and for the retention of the ease of operation, it is totally unnecessary substance once soldering is completed. Therefore, the majority of the solvent is emitted into the air during the process of soldering. Consideration will have to be given to the fact that VOC thus emitted is causing a serious environmental problem with the increase in production of electronic equipment.

3 Turning Post Flux Free of VOC, and its Characteristics

The most important constituent to the soldering using post flux is the activator. For proper performing of soldering, an appropriate amount of activator needs to be applied to where it is required. The solvent currently used for post flux is alcohol-based (mostly IPA) as it dissolves well activators and resin. Items listed in Table 3 will have to be satisfied to make such organic solvent VOC-free. VOF-007V is a post flux satisfying such requirements for VOC-free. The basic requirements are shown in Table 4. Furthermore, VOC-free flux having no flammability so that it could be used safely will be an welcomed additional requirement.

Table 3 - Requirements for VOC-free post flux

- No deterioration in solderability
- Excellent reliability
- Possible of using as a spray and of foaming application
- No deterioration in the ease of operation
- Washing unnecessary after completion of soldering.

In VOF-007V, water is used in place of IPA to make it Low from VOC. However, water has a latent heat of vaporization as large as four times as compared with IPA, so its drying quality during the process of preheating will become an important factor to consider. With respect to the requirement for no washing, furthermore, securing of reliability after soldering will become an important problem. Figs.2 and 3 show the insulation resistance of Low VOC post flux. Excellent in the recovery from low temperature and practically no change is seen in insulation resistance over a long period of time.

表4 低VOCポストフラックスVOF-007Vの特性

Table 4 - Characteristics of Low VOC post flux, VOF-007V

項目 Items	特性 Characteristics	試験方法 Testing methods
比重 Specific gravity	1.012	JIS Z 3197
固形分含有量 Solid contents	8%	JIS Z 3197
粘度 Viscosity	1.8mPa·s	JIS Z 3197
はんだ広がり率 Solder spreading ratio	92%	JIS Z 3197
色数 Color number	7	ガードナー法 Gardener method
塩素含有量 Chlorine content	0.0%	JIS Z 3197
銅板腐食性 Copper sheet corrosiveness	合格 Passed	JIS Z 3197 250°C,5s 乾燥 drying
清浄度 Cleanliness	2.5 μ gNaCl/cm ²	MIL-P-28809A
引火点 Ignition point	—	JIS K 2539

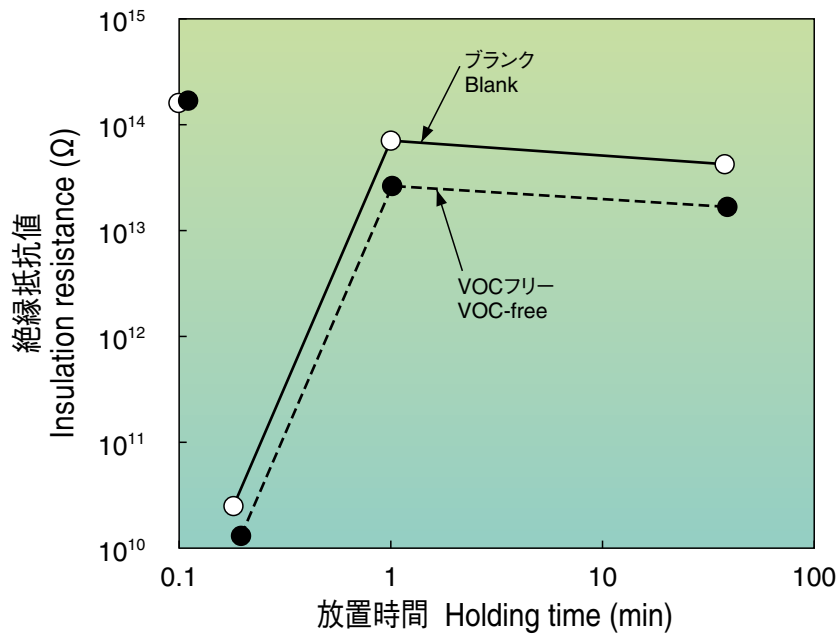


図2 低VOCポストフラックスの低温回復特性

Fig.2 - Low temperature recovery characteristic of Low VOC post flux

図4には低VOCとロジン系ポストフラックスのはんだ付作業性の比較を示します。はんだ付作業性は、ロジン系と比較してもほとんど変わらないことが判ります。

Fig.4 shows a comparison of the ease of soldering operations by use of Low VOC and rosin-based post flux. It can be seen that the former is little different from the rosin-based flux in the ease of soldering operation.

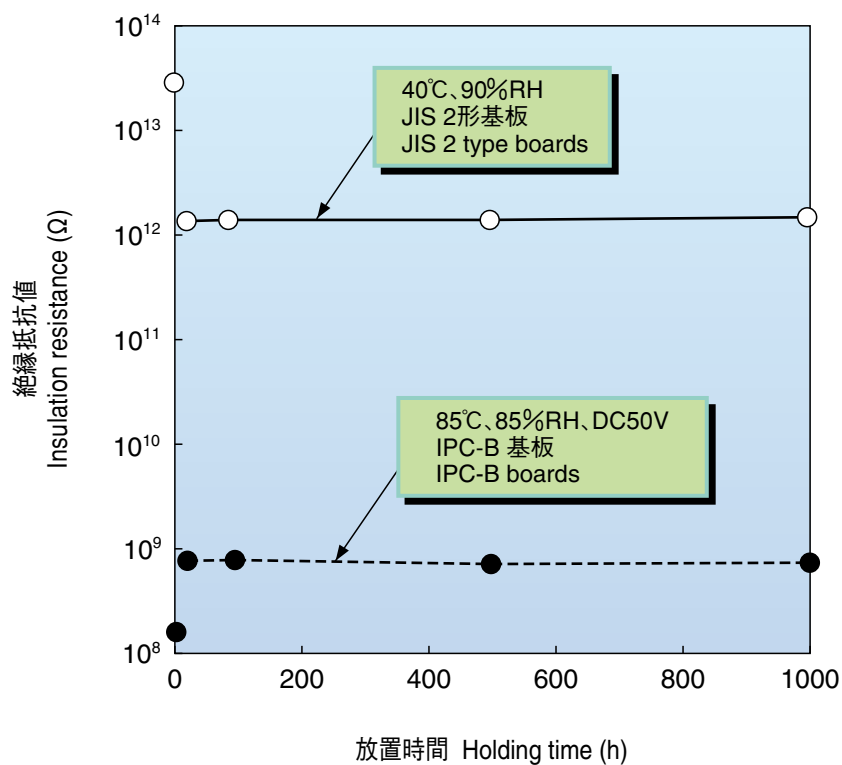


図3 低VOCポストフラックスの絶縁抵抗の経時変化

Fig.3 - Secular change in insulation resistance of Low VOC post flux

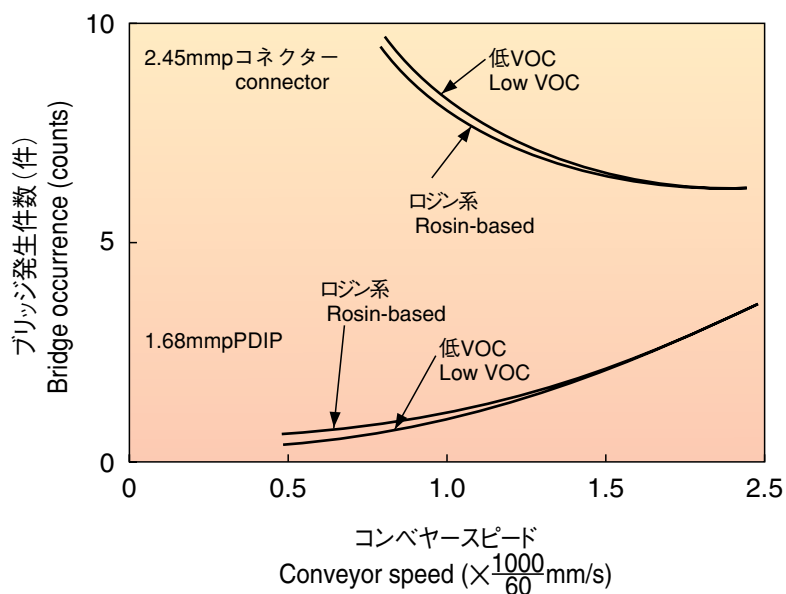


図4 低VOCとロジン系ポストフラックスにおけるコンベヤースピードとブリッジ発生件数の比較

Fig.4 - Comparison of conveyor speed and bridge occurrence between Low VOC and rosin-based post flux

表5 はんだ付条件

Table 5 - Soldering conditions

項目 Items	設定値 Set values
はんだ付装置 Soldering equipment	タムラ製 manufactured by Tamura HC33-36SNX
はんだ付温度 Soldering temperature	245°C
プリヒート温度 Preheating temperature	100°C
コンベヤー スピード Conveyor speed	$1.3 \times \frac{1000}{60}$ mm/s
フラックス塗布方法 Flux application method	原液-スプレー Spraying concentrate
はんだ槽 Solder bath	1,2次槽 Primary and secondary bath
はんだ浸漬時間 Solder dipping time	3~4 s
コンベヤー傾斜角度 Conveyor inclination	4°

4 スプレーフラクサー

このような低VOCフラックスに対するスプレーフラクサーの要求事項を表6に示します。

表6 スプレーフラクサーに対する要求事項

- 室温が変化しても塗布量が一定であること
- フラックスタンクの残量が変化しても塗布量が一定であること
- 一定の設定値に対し時間が変化しても塗布量が一定であること
- リターンシャワーが生じないこと
- ノズルの目詰まりが生じないこと
- 十分な生産性を有すること
- 簡便な操作性を有すること
- 安全であること
- 従来はんだ付装置へ前置接続できること

このような要求を満足する当社が開発した最新のスプレーフラクサー「TAF40-12V」（設計コンセプト）の一端を以下に示します。

本スプレーフラクサーの最大の特徴は前述3章で述べた低VOCフラックスの蒸発潜熱が表7で示すとおり、IPAに比し高い為、スプレーされる粘度分布を蓄え微細にした事で、塗布ムラの無い均一な塗布状態の確保、およびプリヒートでの効率も高く、十分な活性度を得ることができます。従来ノズルとの粒度分布を図5に示します。

4 Spray Fluxer

Shown in Table 6 are the requirements for spray fluxer for Low VOC flux as described above.

Table 6 - Requirements for spray fluxer

- Amount of application shall be constant despite of change in room temperature.
- Amount of application shall be constant despite of change in the quantity remaining in the flux tank.
- Amount of application shall be constant despite of change in time from a fixed value.
- No return shower shall be caused.
- No clogging will be caused to the nozzle.
- An adequate productivity shall be possessed.
- Easy operation
- Safe
- Head-on connection shall be possible to the conventional soldering equipment.

Described below is a part of the latest spray fluxer, TAF40-12V, (design concept) developed by our company, satisfying the aforementioned requirements.

The most outstanding feature of the spray fluxer lies in the fact that the distribution of particle size sprayed is arranged very fine since the latent heat of vaporization of Low VOC flux as described in the preceding Chapter 3 is higher than IPA as shown in Table 7. It enables to secure uniform coating without unevenness, and an adequate activity can be obtained, having a high efficiency by preheating. The particle size distribution in the conventional nozzle is shown in Fig.5.

図5 新ノズルと従来ノズルの粒度分布

Fig.5 - Particle size distribution by new nozzle and conventional

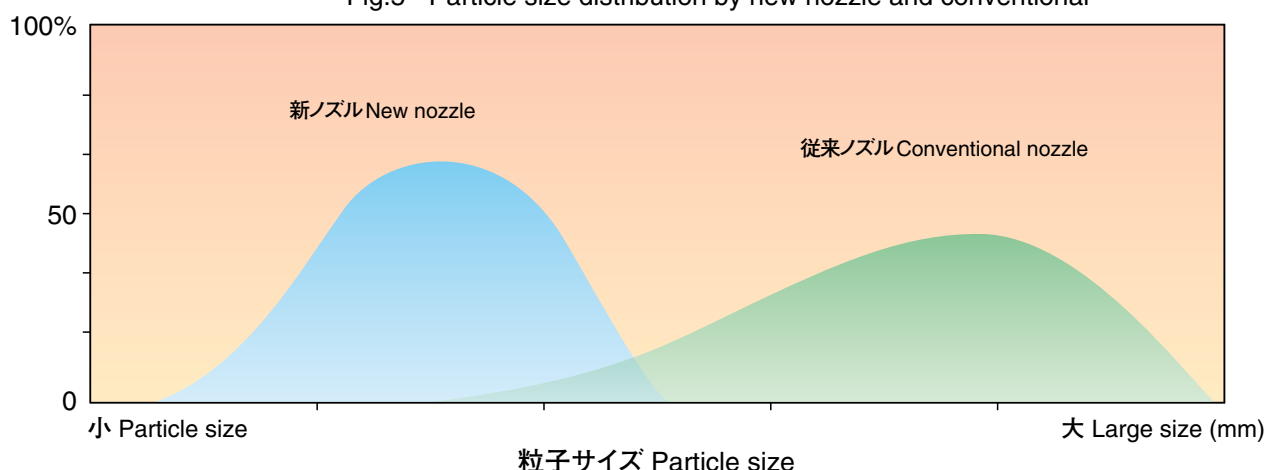


表7 溶媒の熱特性

Table 7 - Heat characteristic of solvent

名称 Name	蒸発熱 Heat of vaporization	1m ³ を室温から沸点に上げる熱量 Heat required to raise from room temperature to boiling point (1m ³)	溶媒1m ³ あたり必要熱量 Heat required for 1m ³ of solvent
水 Water	2260	340	2600
IPA	550	40	590 単位 Unit (J)

又微細粒子化によりリターンシャワーは殆ど認められない結果を得ています。
図6に室温変化対流量特性を、図7にフラックスタンク残量対流量特性を示します。
その他本装置は使い勝手がワンタッチコンセプトの元設計されているため簡便な操作性を有するなど数々の特長を有しています。

According to the results obtained, practically no return shower is recognized due to the refining of particle sizes. Fig.6 shows the relationship between the change in room temperature and flow characteristics, and Fig.7 shows the same between the quantity of flux remaining in the tank and flow characteristics. In addition, the equipment has various other features like easy operation as it is designed under one-touch concept to make it easy to use.

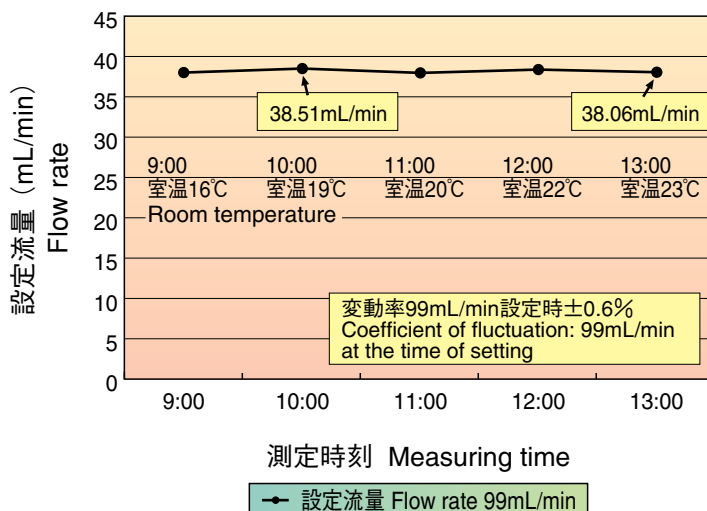


図6 温度変化と流量との関係

Fig.6 - Relation between temperature change and flow

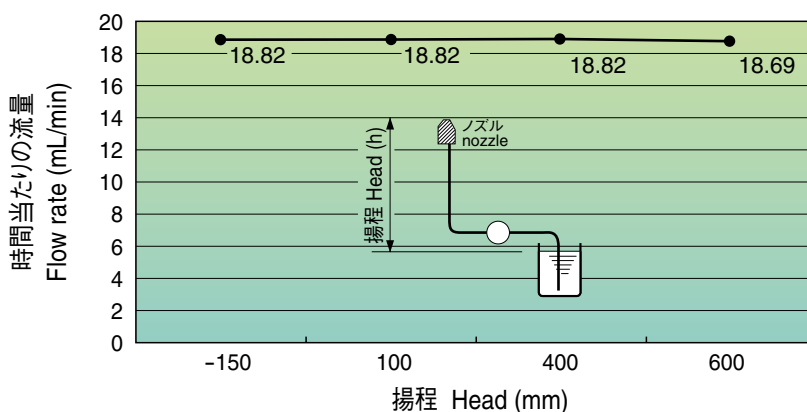


図7 揚程一時間当たりの流量

Fig.7 - Suction Head-Flow rate

尚、別冊にて、TAF40-12V、技術資料を用意してございますので別途御請求下さい。

Technical data are prepared in a separate booklet titled "TAF40-12V", so you are suggested to ask for it separately.

5 むすび

世界的な規模で環境汚染への対策と環境保護の動きが強くなってきています。その中で、電子機器のはんだ付においても少なからず影響を与えています。現在のはんだ付品質を維持しながら、環境汚染に対応することは一材料系だけでは解決できません。

タムラでは、地球規模での環境保護を常に考えながら、はんだ付材料と装置を一体化したはんだ付システムを展開しています。

5 Conclusion

The moves for the countermeasures against environmental pollution and environmental protection have been intensified on a global scale. In such passage of time, not a little influence is given by the soldering of electronic equipment. No solution can be found with the single sector of materials alone in coping with environmental pollution while retaining the present level of soldering quality. Tamura develops soldering system integrating soldering materials and equipment, always keeping in mind the issue of environmental protection on a global scale.



本社 Head office



はんだ付評価室
Test room

業務内容

1. リフローはんだ付装置
2. ウェーブはんだ付装置
3. スプレーフラクサー
4. ポイントディップはんだ付装置
5. PASS（プラズマ）装置
6. 上記に付帯する一切の業務

会社沿革

- | | |
|-------------|---|
| 昭和39年(1964) | 株式会社タムラ製作所機工工場として設立 |
| 43年(1968) | はんだ付装置発売（ウェーブ装置） |
| 54年(1979) | ICリードフレームの予備はんだ付け装置
高信頼性はんだ付け |
| 57年(1982) | 部品のチップ化、ファイン化、
はんだ付け工法の変化 |
| 61年(1986) | 表面実装〔SMT〕タイプ（リフロー装置） |
| 平成 2年(1990) | 狭山工業団地に移転 |
| 4年(1992) | フロン規制の対応 N ₂ 雰囲気
スプレーフラクサー |
| 7年(1995) | (株)タムラFAシステム設立 |
| 11年(1999) | Pbフリー VOCフリー規制 |
| 12年(2000) | リフロー元年 |
| 13年(2001) | Pbフリー元年 上海事務所開設 |
| 14年(2002) | 香港事務所、九州福岡事務所開設 |



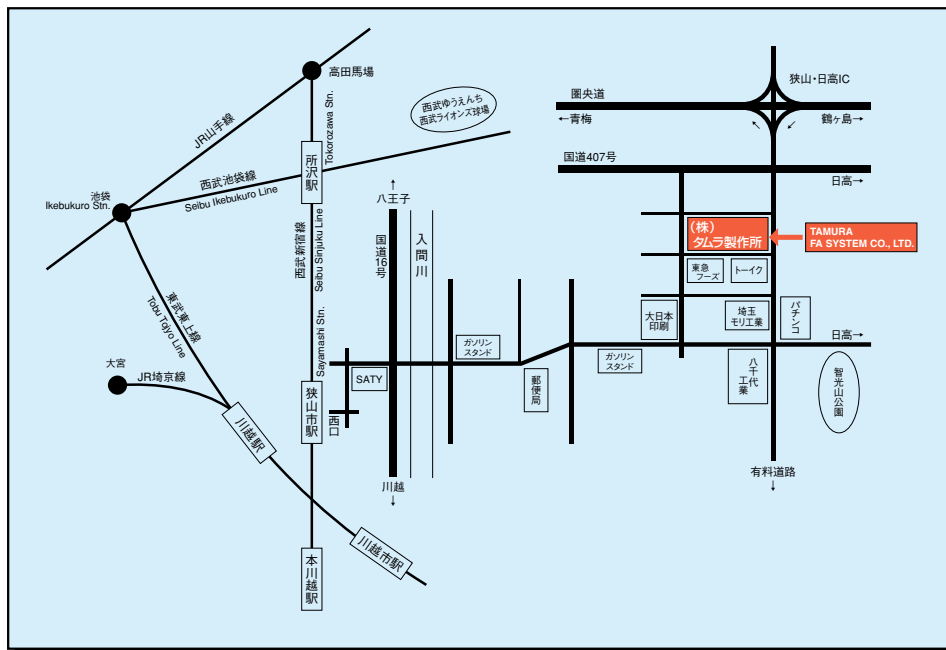
工場 Factory

★はんだ付実験、リフロー温度プロファイル測定、工場見学等、お気軽に弊社営業マンへお問い合わせ下さい。

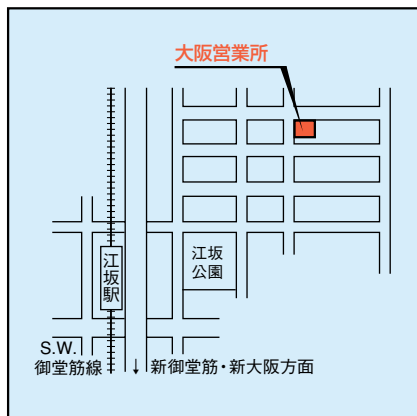
★We are prepared to assist your soldering experiments, reflow temp measurement, tour of our factory, etc. For details, contact our sales staff.

案内図 GUIDE MAP

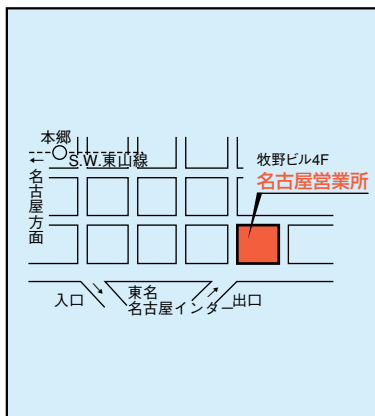
本社・工場／Head Office・Factory



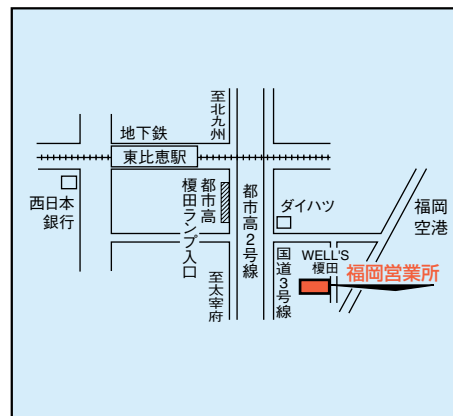
大阪営業所／Osaka Sales Office



名古屋営業所／Nagoya Sales Office



福岡営業所／Fukuoka Sales Office



装置関係のお問合せ先／ Please send your enquiries for Equipment to :

株式会社 **タムラFAシステム** 〒350-1321 埼玉県狭山市上広瀬 591-11 TEL (042) 955-3195 FAX (042) 955-3677

TAMURA FA SYSTEM CORPORATION 591-11, Kami-hirose, Sayama-shi, Saitama, 350-1321 Japan TEL : 042-955-3195 FAX : 042-955-3677

TAMURA MACHINERY SINGAPORE PTE., LTD. c/o No.39 Joo Koon Circle, Singapore 629105 TEL : 65-6861-6128 FAX : 65-6861-3133

FAシステム営業部／〒350-1321 埼玉県狭山市上広瀬 591-11

TEL (042) 955-3195 FAX (042) 955-3677

大阪営業所／〒564-0062 大阪府吹田市垂水町 3-20-8 寺岡精工関西ビル4F

TEL (06) 6338-8610 FAX (06) 6338-2027

名古屋営業所／〒465-0024 愛知県名古屋市中東区本郷 3-144 牧野ビル

TEL (052) 773-2471 FAX (052) 776-1167

福岡営業所／〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田 2-8-23 WELL'S 榎田

TEL (092) 413-4211 FAX (092) 413-4213

フラックス等のはんだ付材料のお問合せ先／ Please send your inquiries on Soldering Materials to :

タムラ化研株式会社 〒358-8501 埼玉県入間市狭山ヶ原 16-2 TEL (042) 934-6134 FAX (042) 934-6559
http://www.tamura-kaken.co.jp/

TAMURA KAKEN CORPORATION 16-2, Sayamagahara, Iruma-shi, Saitama, 358-8501 Japan TEL: 042-934-6134 FAX: 042-934-6559

電子機材営業本部／〒358-8501 埼玉県入間市狭山ヶ原 16-2

TEL (042) 934-6131 FAX (042) 934-6559

大阪営業所／〒564-0062 大阪府吹田市垂水町 3-20-8 寺岡精工関西ビル4F

TEL (06) 6338-5541 FAX (06) 6338-2027

名古屋営業所／〒465-0024 愛知県名古屋市中東区本郷 3-144 牧野ビル

TEL (052) 776-1170 FAX (052) 776-1167

福岡営業所／〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田 2-8-23 WELL'S 榎田

TEL (092) 413-4211 FAX (092) 413-4213

株式会社 **タムラ製作所**

TAMURA CORPORATION

<http://www.tamura-ss.co.jp/>

本 社／〒178-8511 東京都練馬区東大泉 1-19-43

HEAD OFFICE : 1-19-43, Higashi-Oizumi, Nerima-ku, Tokyo, 178-8511 Japan

〈お問合せ先〉はんだ付装置関連

F A 営 業 本 部／〒350-1321 埼玉県狭山市上広瀬東久保 591-11

TEL (042) 955-3195

FAX (042) 955-3677

大 阪 営 業 所／〒564-0062 大阪府吹田市垂水町 3-20-8 寺岡精工関西ビル 4F

TEL (06) 6338-8610

FAX (06) 6338-2027

名古屋営業所／〒465-0024 愛知県名古屋市名東区本郷 3-144 牧野ビル

TEL (052) 773-2471

FAX (052) 773-1167

福 岡 営 業 所／〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田 2-8-23 WELL'S 榎田

TEL (092) 413-4211

FAX (092) 413-4213

〈お問合せ先〉電子化学材料関連

電子機材営業本部

電子機材営業部／〒358-8501 埼玉県入間市狭山ヶ原 16-2

TEL (042) 934-6131

FAX (042) 934-1412

回路機材営業部／〒358-8501 埼玉県入間市狭山ヶ原 16-2

TEL (042) 934-6131

FAX (042) 934-6559

大 阪 営 業 所／〒564-0062 大阪府吹田市垂水町 3-20-8 寺岡精工関西ビル 4F

TEL (06) 6338-5541

FAX (06) 6338-2027

名古屋営業所／〒465-0024 愛知県名古屋市名東区本郷 3-144 牧野ビル

TEL (052) 776-1170

FAX (052) 776-1167

福 岡 営 業 所／〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田 2-8-23 WELL'S 榎田

TEL (092) 413-4211

FAX (092) 413-4213

株式会社 **タムラFAシステム**

〒350-1321 埼玉県狭山市上広瀬東久保 591-11 TEL (042) 955-3195 FAX (042) 955-3677

TAMURA FA SYSTEM CORPORATION

FA SALES DEPARTMENT

591-11, Higashikubo, Kami-hirose, Sayama-shi, Saitama, 350-1321 Japan TEL +81-42-955-3195 FAX +81-42-955-3677

TAMURA MACHINERY SINGAPORE PTE., LTD.

c/o No.39, Joo Koon Circle, Singapore 629105 TEL 65-6861-6128 FAX 65-6861-3133

TAMURA FA SYSTEM CO., LTD. SHANGHAI OFFICE

555, Xiangjiang Road, Jiading, Shanghai 201802, China TEL : +86-21-5917-7229 FAX : +86-21-5917-7229

TAMURA FA SYSTEM CO., LTD. HONG KONG OFFICE

9/F, Block B&D, East Sun Industrial Centre, 16 Shing Yip Street, Kwun Tong, Kowloon, Hong Kong TEL +852-2389-4383 FAX +852-9131-6520

TAMURA CORPORATION OF KOREA

Chung-ang, Bldg., 4/F, 454-9 Sung Nae-dong, Kang Dong-ku Seoul, 134-031, Korea TEL 82-2-489-5354 FAX 82-2-489-5360

TAMURA H.A. SYSTEM, INC.

1800 N.W. 169TH Place, Suite C700 Beaverton, OR 97006 U.S.A. TEL 1-503-629-5001 FAX 1-503-629-9992

タムラ化研 株式 会社

TAMURA KAKEN CORPORATION

<http://www.tamura-kaken.co.jp/>

本 社／〒358-8501 埼玉県入間市狭山ヶ原 16-2 TEL (042) 934-6134 FAX (042) 934-6559

TAMURA KAKEN CORPORATION

SALES DEPARTMENT OF ASSEMBLY CHEMICALS

16-2, Sayamagahara, Iruma-shi, Saitama, 358-8501 Japan TEL +81-42-934-6134 FAX +81-42-934-6559

TA FONG ELECTRO CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD.

No.9 Alley 2, Lane 97, Ming-Sheng East, Road, Sec. 4, Taipei, Taiwan TEL 886-22-712-1315 FAX 886-22-716-0384

TAMURA KAKEN (U.K.) LTD.

Caswell Road, Brackmill Industrial Estate, Northampton NN4 7PW, United Kingdom TEL 44-1604-768888 FAX 44-1604-768808

TAMURA KAKEN SINGAPORE PTE., LTD.

67, Ayer Rajah Crescent #01-01/02 Ayer Rajah Industrial Estate, Singapore 0513 TEL 65-6779-3100 FAX 65-6778-2186

DONG HWA TAMURA KAKEN CO., LTD.

58-3, Shin-Kungi-Dong, Ansung-shi, Kyungki-Do, Korea TEL 82-031-676-2374 FAX 82-031-674-4427

SHANGHAI XIANGLE TAMURA ELECTRO CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD.

9F, 88 Zun Yi'S. Road, Shanghai 200336, China TEL 86-21-6278-8870 FAX 86-21-6278-8871

TAMURA KAKEN(M) SDN. BHD.

No.167, 1st Floor Medan Kikik 1, Taman Inderawasih 13700 Prai, Penang, West Malaysia TEL 60-4-3974168 FAX 60-4-3907168

TAMURA KAKEN CORP., U.S.A.

2050 Ringwood Avenue San Jose California 95131 U.S.A. TEL 1-408-433-9723 FAX 1-408-433-9655

このカタログに記載してある仕様内容については、改良のため予告なく一部を変更することがありますのであらかじめご了承ください。

The details of the specification described in this catalog are subject to alteration without notice for the purpose of performance improvement.

代理店／AGENCY

2100

再生紙を使用しています

このカタログの記載内容は

2003年7月現在のものです。

2003-7-2カ

G-9011