

研究開発本部
機能性材料事業 CSグループ 井内 洋介



1 はじめに

近年、エレクトロニクス業界では、スマートフォンやタブレットの薄型化・軽量化、スマートウォッチやスマートグラスに代表されるウェアラブル端末の登場に伴い、電子部品の小型化・高機能化が加速している。このような技術進歩の背景には“洗浄”が密接に関係しており、製品から汚染物を除去し、製品本来の機能・意匠性・信頼性などを維持する上で重要な役割を担っている。

例えば、電子回路のファインピッチ化が進むプリント基板業界では、はんだ接合部の電気的信頼性を高める目的でフラックス洗浄が行なわれている。また、カメラモジュールやハードディスクドライブなどの精密機器を扱う現場では、サブミクロンサイズの異物を基準値以下に減らし、歩留まりを向上させる目的でパーティクル洗浄が取り入れられている。その他、

LEDやトランジスタを始めとするディスクリート部品の製造分野においても、リードフレームのめっき効率などを向上させる目的で金属加工油の脱脂洗浄が行なわれている。

このように“洗浄”の用途は多岐に渡っており、多様化するニーズに対応すべく、洗浄剤メーカー各社は技術開発に鎭を削っている。ロジンと共に成長を遂げてきた当社では、その知見を活かし、プリント基板を対象としたフラックス(主成分はロジン)用洗浄剤を主力製品とした洗浄事業に取り組んできた。本稿では、代表的な産業用洗浄剤について概説すると共に、当社の新たな試みである一液型水系洗浄剤「パインアルファST-251EVA」とそれを用いた一液型洗浄システムについて紹介する。

2 産業洗浄のプロセス

エレクトロニクス業界において採用されている洗浄方式には、プラズマガスやUVオゾン、レーザー光などの作用により、乾燥雰囲気下で汚染物を活性化・分解して除去する乾式洗浄(ドライプロセス)と、洗浄剤の溶解力と超音波やシャワーなどの物理力を併用し、液体中で汚染物を溶解・剥離して除去する湿式洗浄(ウェットプロセス)がある。ここでは、湿式洗浄に重点を置いて解説する。

図-1に湿式洗浄全般に共通する洗浄プロセスを示した。湿式洗浄は主に、「洗浄」、「リンス」、「乾燥」の3工程により構成されている。まず洗浄工程では、プリント基板などの被洗浄物に付着した

汚染物を洗浄剤中に溶解・分散させる。次にリンス工程では、汚染物を含む洗浄剤を清浄なリンス剤に希釈・置換する。ここで、特に汚染度が高いものや液が溜まりやすい形状をしたものを洗浄する場合は、洗浄槽やリンス槽の数を増やすなどして洗浄剤中の汚染物濃度、あるいはリンス剤中の洗浄剤濃度を下げる方法が効果的である。最後に乾燥工程では、被洗浄物周辺に熱風を循環させるなどしてリンス剤を揮発・乾燥させる。このとき、被洗浄物の材質によっては表面に乾燥シミが生じることがあるが、事前にエアナイフなどで十分に液切りを行なうことで改善される。

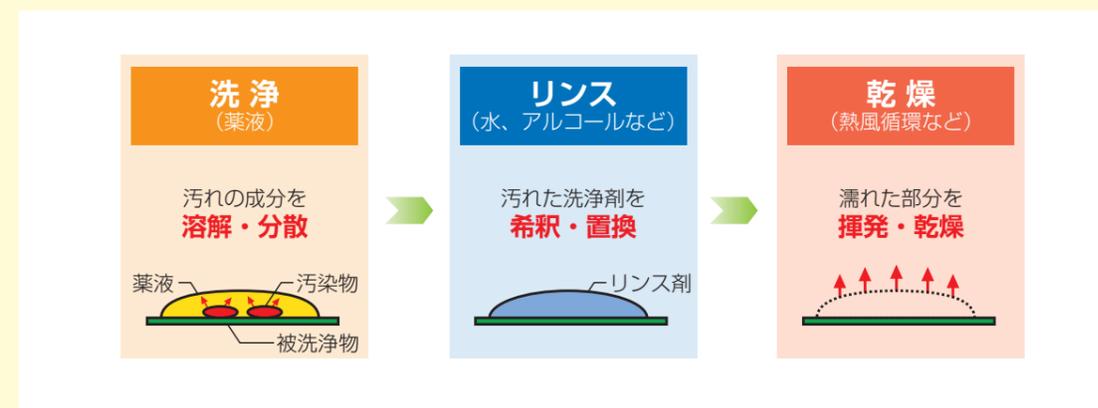


図-1 湿式洗浄のプロセス

一液型水系洗浄剤 「パインアルファST-251EVA」 について

研究開発本部
機能性材料事業 CSグループ
井内 洋介

3 代表的な産業用洗浄剤

ウェットプロセスに用いられる洗浄剤には、表-1に示すように、水系洗浄剤(水希釈型・準水系など)、非水系洗浄剤(炭化水素系・ハロゲン系など)、の2種類に大別される。水系洗浄剤は成分に水を含むため、引火点を持たず安全性に優れるが、リンス工程で生じる多量の廃水、およびその処理に伴うコストが問題視されている。一方、非水系洗浄剤は洗浄からリンスまでの全ての工程を1種類の薬液で行なうプロセスが主流であり、さらに汚れた薬液は蒸留再生可能であることから、ランニングコストが安価である。しかし、その反面、引火性や環境負荷などのリスクを考慮しなければならない。水系、非

水系の2つの洗浄方式には、安全性と利便性・コストの点で相反する特徴があり、これらを両立させることは困難と考えられてきた。

そこで当社では、水系洗浄剤が有する安全性と非水系洗浄剤が有する利便性の両方の利点を併せ持つような洗浄システムを開発すべく、水を含む系で非水系洗浄剤と同様の使用法が可能な洗浄剤の研究に取り組み、一液型水系洗浄剤「パインアルファST-251EVA」を開発した。本洗浄剤が有するユニークな特長を利用することで、従来には無い全く新しい洗浄システムを構築できる。

洗浄剤の種類		主成分	利点	欠点
水系洗浄剤	水希釈型洗浄剤	アルカリ 界面活性剤 水	水性汚れに強い 引火性が無い 比較的安価	油性汚れに弱い 廃水処理が必要
	準水系洗浄剤	親水性溶剤 界面活性剤 水	水性・油性両方の汚れに強い 引火性が無い	薬液・水の管理が煩雑 廃水処理が必要
非水系洗浄剤	炭化水素系洗浄剤	パラフィン系溶剤 ナフテン系溶剤	油性汚れに強い 蒸留再生が可能 比較的安価	水性汚れに弱い 引火性を有する
	ハロゲン系洗浄剤	フッ素系溶剤 塩素系溶剤 臭素系溶剤	油性汚れに強い 蒸留再生が可能 引火性が無い	水性汚れに弱い 環境負荷が大きい

表-1 産業用洗浄剤の分類

4 パインアルファST-251EVAの製品概要

パインアルファST-251EVAは、表-2に示すような物性を有する。本洗浄剤と一般的な水系洗浄剤との違いは、温度によって均一・懸濁・気体の3つの状態に変化するところにある。常温下(20℃前後)では淡黄色透明の均一な液体であるが、加温すれば油滴が発生して懸濁状態となり、やがて水と油の2層に分離する。そして、沸点付近に達すれば、洗浄剤組成のまま蒸発し気体となる。

外観	淡黄色透明
臭気	微弱臭
比重(20℃)	1.0
粘度(20℃)	4~6 mPa·s
pH	10~12
水溶性(20℃)	∞(完溶)
沸点	97~98℃
引火点	なし(非危険物)

表-2 パインアルファST-251EVAの物性

この性質を上手く利用することで、図-2のような一液型水系洗浄システムを構築できる。まず、洗浄工程では、洗浄剤を60~70℃に加温・攪拌し、油滴を発生させながら使用する(懸濁状態)。この油滴はフラックスや油脂などに対する洗浄力が高いため、水を多く含む系中でも油性汚れを除去することができる。一方、油滴以外の水相は、基板上の残留イオンなどの親水性の汚れを取り除く。このように、油滴、水相の2成分の洗浄力を効果的に発現させることにより、高い洗浄性が得られる。

次に、リンス工程では、洗浄剤を常温下で使用する(均一状態)。常温下では均一なため、良好なリンス性が得られる。また、この特長を活かし、リンス槽で

使用した洗浄剤を洗浄槽へオーバーフローさせて再利用するといった使い方も可能となる。

続いて、乾燥工程では、被洗浄物を80~90℃に加温して洗浄剤を気化させる(気体状態)。本洗浄剤は不揮発成分を含有しないため、一般的な水系洗浄剤のように薬液を水やアルコールなどで置換する工程を必要としない。従って、本システムでは、洗浄剤が付着した被洗浄物をそのまま乾燥槽へ持ち込むことができる。

さらに、気化しても組成が維持される特長を活かし、汚れた洗浄剤を連続的に蒸留再生することも可能である。これにより、洗浄剤や純水などの液管理に要する費用を従来の水系洗浄システム対比、 $\frac{1}{3}$ から $\frac{1}{5}$ 程度に削減できる。

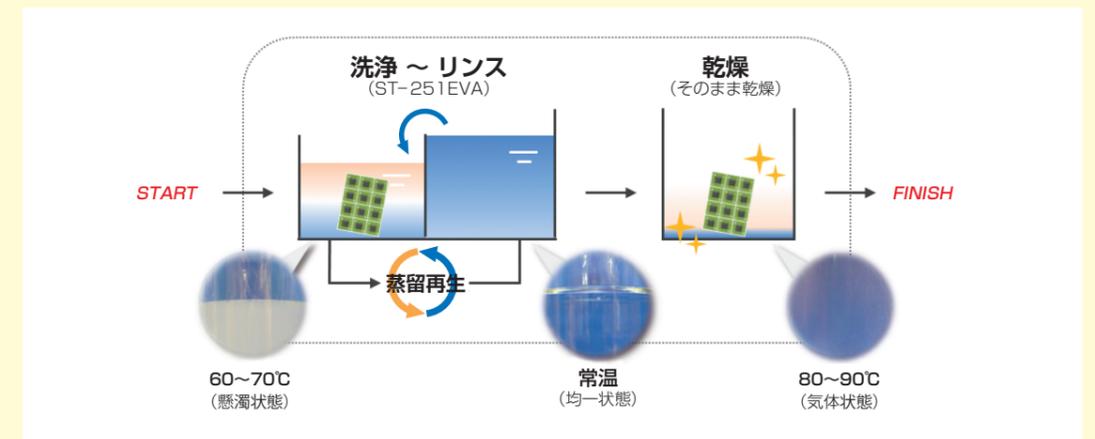


図-2 一液型水系洗浄システムの概要

一液型水系洗浄剤 「パインアルファST-251EVA」 について

研究開発本部
機能性材料事業 CSグループ
井内 洋介

5 油滴発生メカニズムとその洗浄効果

本項では、前述した油滴発生メカニズムとその洗浄効果について述べる。図-3に示すように、パインアルファST-251EVAに含まれる有効成分は、常温で水分子と水素結合を形成することにより水和し、均一な相として存在している。しかし、加温などによって熱エネルギーが加えられると、分子運動が活発化し、有効成分と水分子間の水素結合が切

断される。すると、疎水性相互作用によって有効成分のみが凝集を始め、油滴を形成する。発生した油滴はやがて油層となり、洗浄剤は2層に分離していく(油水分離)。この温度を曇点と呼ぶ。この状態では、洗浄剤の有効成分が油性汚れに対し直接攻撃できるため、洗浄性が向上すると考えられる。

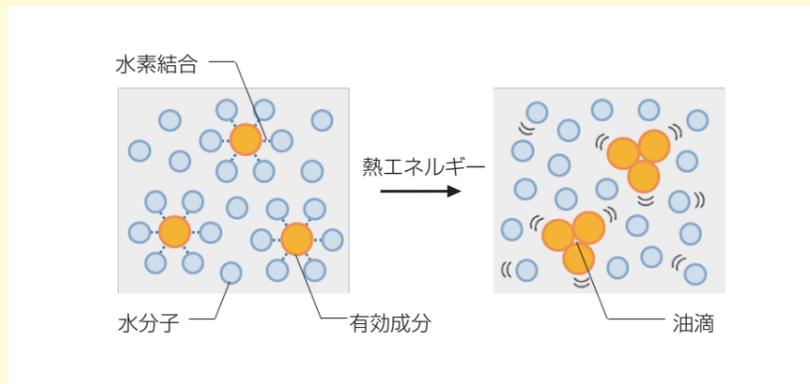


図-3 油滴発生メカニズム

実際に、フラックス(油性汚れ)が付着した基板を用い、油滴の洗浄効果を検証した結果を表-3に示す。常温下で洗浄した場合、はんだ周辺にフラックス

残渣が見られるのに対し、曇点以上である60~70℃に加温して洗浄した場合は、油滴発生に伴いフラックスの洗浄性が飛躍的に向上していることがわかる。

液温	常温 (20℃)	60℃	70℃
外觀	均一	油滴発生	油水分離
洗浄性	× 残渣あり	○ 残渣なし	○ 残渣なし

※1 当社鉛フリーはんだを使用。
※2 超音波(28kHz)により、10分間洗浄を行なった。

表-3 パインアルファST-251EVAの液温と洗浄性の関係 ※1,2

6 乾燥性の改善による生産性の向上

電子部品の小型化・高機能化に並行して、量産による低価格化が進む昨今、製造現場では単位時間当たりの生産量、いわゆるスループットの向上が求められている。これは洗浄プロセスにおいても同じであり、いかにしてボトルネック(律速過程)を解消するかが生産性向上の鍵となる。

洗浄プロセスでは、洗浄~リンス工程を経て、ぬれた状態の被洗浄物を乾燥させる際に最も時間を要する。特に従来の水系洗浄システムのように、リンス剤と

して純水を用いる場合、その蒸発潜熱の高さゆえに、乾燥工程がプロセス全体のボトルネックとなるケースも少なくない。一般的には、純水をアルコール等の低沸溶剤に置換する方法や、乾燥槽を複数設けて並列処理を行なう方法により生産性を補うが、いずれも多額の設備投資を必要とする。従って、リンス剤そのものが乾燥容易であることは、タクトタイム(工程作業時間)を短縮し、効率の良い生産を行なう上でとても重要である。

一液型水系洗浄剤 「パインアルファST-251EVA」 について

研究開発本部
機能性材料事業 CSグループ
井内 洋介

図-4のグラフは、パインアルファST-251EVAと他のリンス剤の80℃下における経時的な重量減少をプロットしたものである。この結果から、本洗浄剤は炭化水素(市販)にはおよばないものの、純水よりも速く乾燥することは明らかである。また、各リンス剤の蒸発潜熱は、純

水では約2260J/g(≒540cal/g)、パインアルファST-251EVAでは約1550J/g(≒370cal/g)、炭化水素では約335J/g(≒80cal/g)であり、乾燥性には蒸発潜熱が大きく影響していることが示唆される。

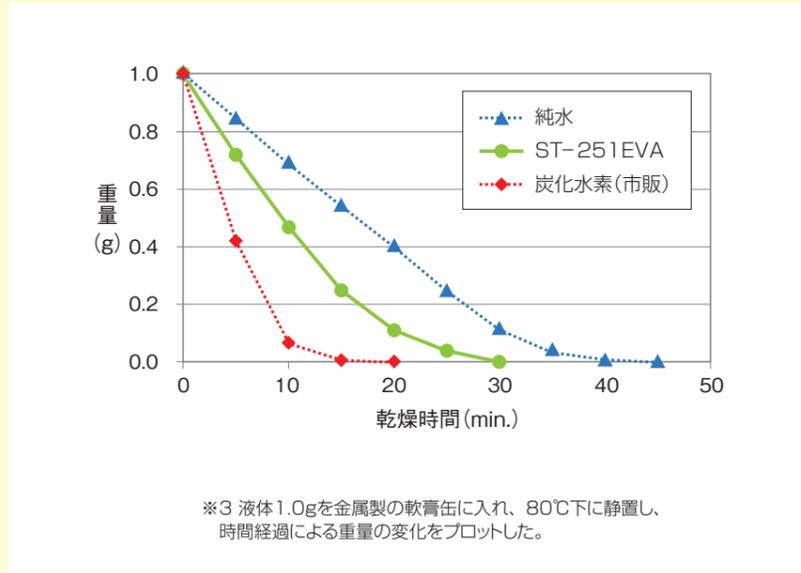


図-4 各リンス剤の重量減少 ※3

7 おわりに

一液型水系洗浄剤「パインアルファST-251EVA」は、従来の水系洗浄剤が有する安全性と、非水系洗浄剤が有する利便性の両方を兼ね備えており、廃水低減やランニングコスト削減を望む水系ユーザー、および安全性向上や環

境負荷低減を望む非水系ユーザーの要望に応えた製品である。当社は、今後も更なる高みを目指して技術開発に取り組み、環境保全、ならびに社会貢献に努めていく所存である。