

炭化水素系溶剤を使った 真空方式の洗浄乾燥装置

堂元 雅 洋*

半導体のリードフレームおよびフラックス洗浄において真空中で超音波と揺動で洗浄し、その後一挙に高真空中に瞬時に乾燥させるまでの一連の工程を全自動化した。洗浄液は密閉した真空室で全量を回収・再利用する。このためランニングコストの大幅低減と環境対応を同時に実現した量産対応の画期的装置である。

炭化水素系真空洗浄乾燥機開発の背景

オゾン層破壊など環境面への影響から、従来使われていた特定フロンやトリクロロエタンなどが95年末で全廃された。この代替として水系洗浄に移行したが、水系洗浄はワークが錆びるという欠点および乾燥時に多大な熱エネルギーを消費する点、また排水処理が必要であり、コストや設置スペースといった問題を抱えていた。その解決策として塩素系溶剤の塩化メチレン、トリクレンを使用するようになった。しかし97年4月に「大気汚染防止法」と「水質汚濁防止法」が制定され塩化メチレン、トリクレンは発癌性を帯びた有機溶剤であるため有害物質として浄化基準の基準値が設けられた。さらに地球温暖化防止対策とあわせ、規制に拍車がかかけられている状況である。

開発動向

上記背景の中、当社は炭化水素洗浄剤に着目した。そのメリットを以下に挙げたい。

- ① 水洗浄使用時のようにワークが錆びない。
- ② 廃水処理装置が必要ない。
- ③ 酸・アルカリなどを使用しない。
- ④ 洗浄剤も各メーカーが参入してきておりコストが低い。

一方、炭化水素洗浄剤を使用するにあたり、唯一の

デメリットといえば「燃えやすいこと」である。この欠点を克服するために「洗浄から乾燥までの全工程を真空中で行う」という結論に達した。

特徴

ワークを入れるカゴ（寸法 300×200×200 Hmm）で実機同仕様のテスト機を完成させ（写真1、図1）洗浄乾燥テストを繰り返し実施した結果、多くのデータを得た。

このデータをもとに、全工程を真空中で行うことの特徴を紹介する。

- (1) 真空中で脱気した後、超音波を併用すると、キャビテーションが強力になり洗浄効果が最大になる。
- (2) 真空引き後、洗浄することによりめくら穴部品はめくら穴にたまった空気が抜け洗浄液が入り込み、完璧な洗浄が可能となる（表1、表2、写真

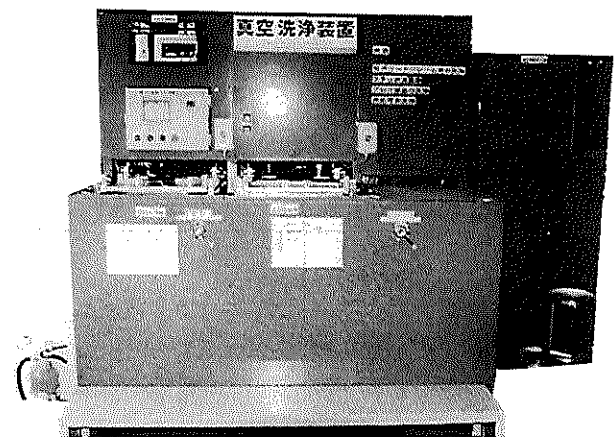


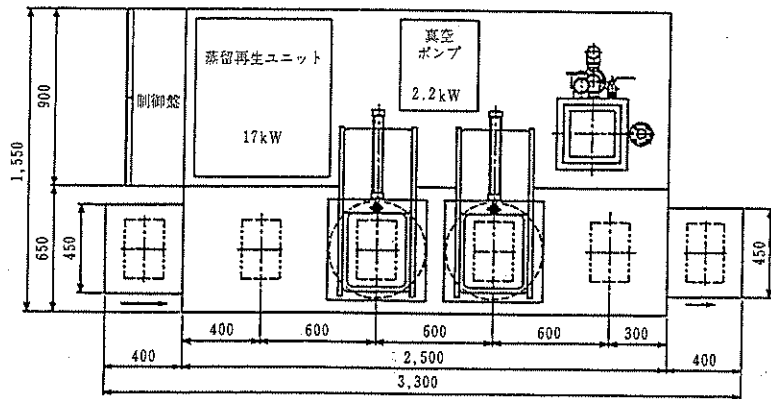
写真1 半自動バッチ式真空洗浄乾燥機

*Doumoto Masahiro

アクアテック 代表取締役

〒807-0815 福岡県北九州市八幡西区本城東6-13-20

☎093-692-3461



仕様

1. バスケット寸法
角カゴ 300×200×150H
2. 洗浄工程
真空浸漬超音波洗浄+揺動
→ 真空仕上洗浄+真空乾燥
3. 1次側ユーティリティ
 - 1) 電気 φ3 200V 約21kW
 - 2) エア 4~6kg/cm²
 - 3) 冷却水 50ℓ/min
 - 4) 排気 5m³/min

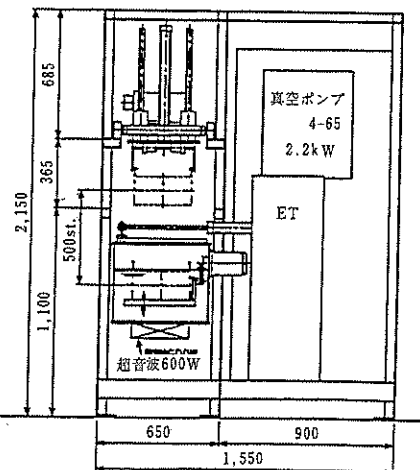
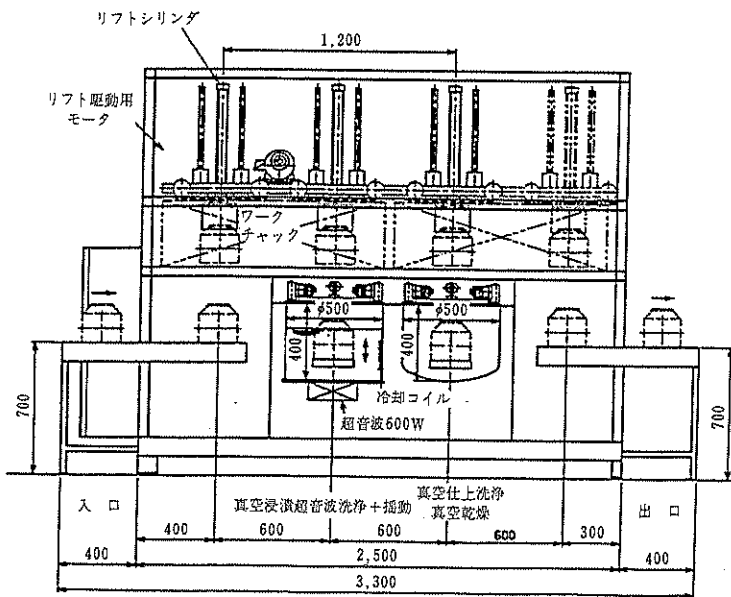


図1 真空洗浄乾燥機図

2)。さらに短尺リードフレーム材のように、0.15 t 厚で油が付着している状態でも、真空後超音波、揺動、真空度のフラッシュ効果で短時間の内に完全な洗浄を行う (表3, 表4, 写真3, 写真4)。

(3) 乾燥時には一挙に高真空にするため、突沸現象を伴ない超高速乾燥が可能になる。短尺リードフレーム材の乾燥には通常60分以上を必要とするが、真空乾燥の場合はわずか7分で乾燥する。し

かし7分以内に乾燥させるためには、真空度、温度、フラッシュ効果などすべての前条件を満たしていなければならない。

以上の前提を踏まえると、銅系、アルミ系、42アロイなどの全素材において変色せず完全乾燥する。これはすでに実証ラインが稼働している (写真3, 写真4)。なお、この場合のフロー図は、図2に示した通りである。

(4) 装置には真空蒸留再生器を内蔵しているため、

表1 めくら穴ワークにおける洗浄前後の残留油分分析データ

試料名	ノルマルヘキサン抽出物質 (mg/5本)
真空洗浄	0.1以下
立て治具洗浄 (600秒)	0.1以下
真空洗浄	0.1以下
横置き洗浄 (600秒)	0.1以下
有機溶剤(トリクレン)	5.4
水洗浄	8.0
洗浄前	11.7

測定法: JIS K 0102 24 ノルマルヘキサン抽出・重量法

表2 洗浄前後の残留油分分析データ

試料名	ノルマルヘキサン抽出物質 (mg/2本)
真空洗浄 360秒	0.1以下
” 180秒	0.1以下
” ” 2段(下段)	0.1以下
” ” ” (上段)	0.1以下
” 90秒	0.1以下
トリクレン洗浄後	1.1
洗浄前	45.0

測定法: JIS K 0102 24 ノルマルヘキサン抽出・重量法

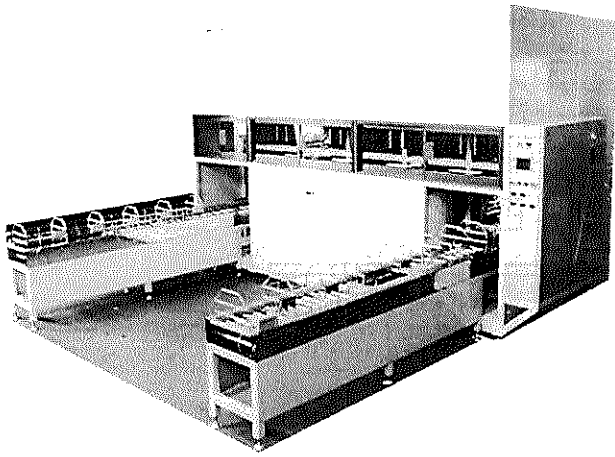


写真2 短尺リードフレーム全自動バッチ式真空洗浄乾燥機

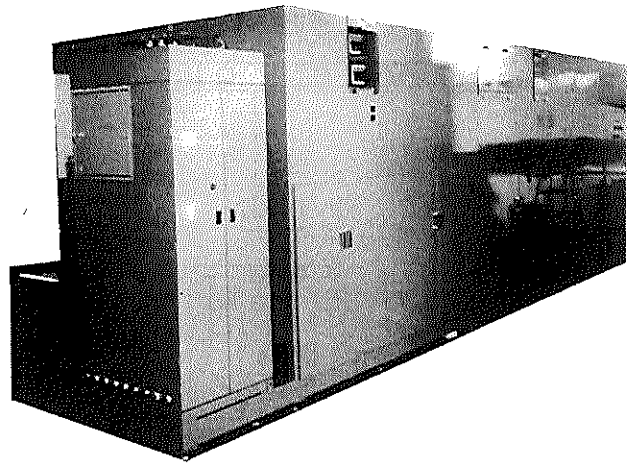


写真3 短尺リードフレームインライン型真空洗浄乾燥機

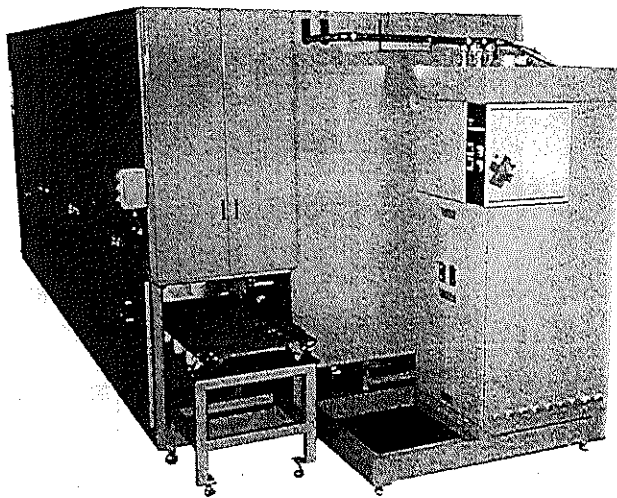


写真4 短尺リードフレームインライン型真空洗浄乾燥機

表4 洗浄前後の分析データ

品名	残留油分 (mg/10)	残留 SO ₄ (μg/l)	残留 Cl (μg/l)
リードフレーム材 No.1	0.25	—	—
” No.2	0.90	—	—
” No.3	0.30	—	—
” No.4	0.28	—	—
” No.5	0.20	—	—
” No.6	0.36	—	—
” No.7	0.38	0.36	1.07

単位：残留油分=mg/10 フレーム

SO₄, Cl=μg/l フレーム

分析方法：赤外吸収法(残留油分)

イオンクロマトグラフ法(SO₄, Cl)

(JIS K 0102-1993 に順ず)

表3 洗浄前後の分析データ

品名	残留油分 (mg/10)	残留 SO ₄ (μg/l)	残留 Cl(μg/l)	塩化メチレン時 の残留油分	洗浄前 (1カゴ当たり)
リードフレーム材 No.1	0.4	0.43	2.33	0.6	
” No.2	0.3	0.43	2.00	”	
” No.3	0.2	1.05	2.25	0.3	
” No.4	0.2	1.11	2.17	”	
” No.5	0.2	1.13	1.38	”	
” No.6	0.3	0.35	1.28		
” No.7	0.3	0.44	1.38		
” No.8	0.3	1.01	1.54	0.24	
” No.9	0.3	3.50	2.37	0.6	6.900 mg
” No.10	0.5	1.23	2.02	”	”

単位：残留油分=mg/10 フレーム, SO₄, Cl=μg/l フレーム

分析方法：赤外吸収法(残留油分)

イオンクロマトグラフ法(SO₄, Cl)

(JIS K 0102-1993 に順ず)

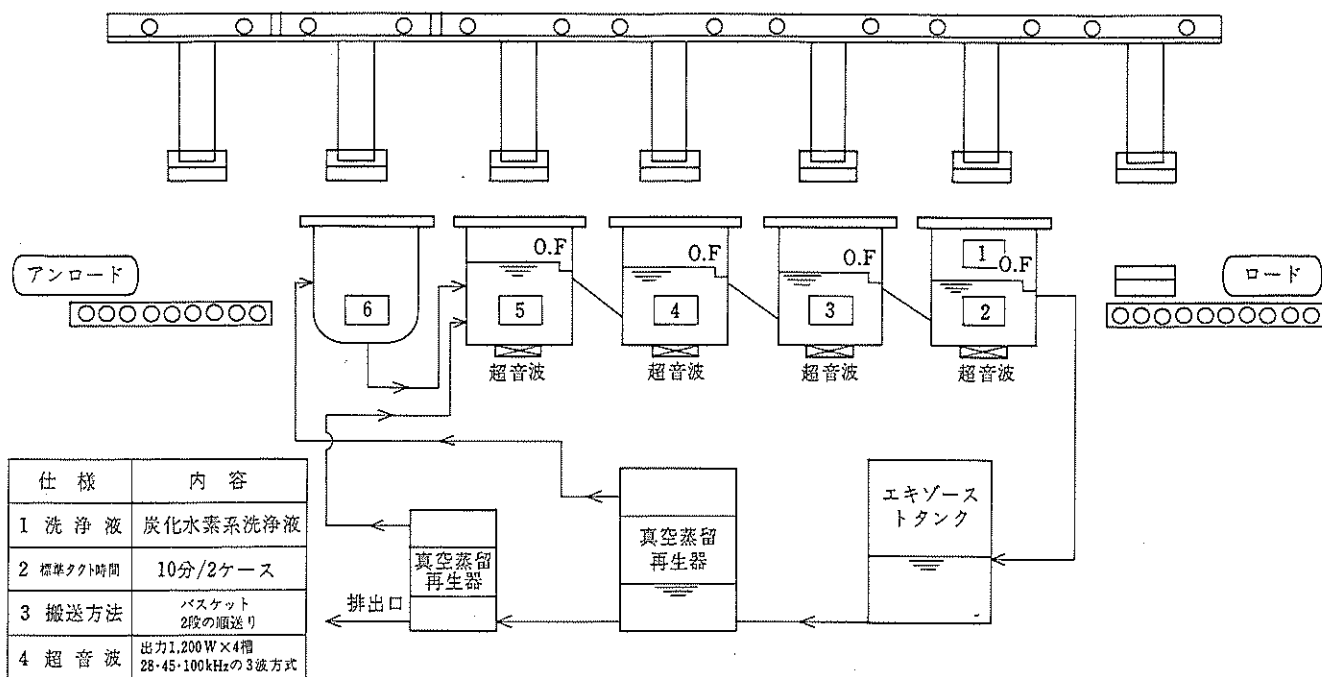


図2 真空方式全自動洗浄装置

表5 炭化水素系洗浄剤(新液)

分析方法, 測定条件	
ガスクロマトグラフ	島津社製 GC 14 A/FID
カラム	シリカキャピラリ DB-1 (J&W Sci), 0.25mmφ×30m
昇温条件	70°C (5 min) 5°C/min, 100°C (0 min) 20°C/min, 300°C (20 min)
キャリアガス	He 流量 2.1 ml/min, スプリット比 1:150

表6 炭化水素系洗浄剤
(連続蒸留再生 2,000 時間後)

試料	測定結果	
	NS クリーン濃度 (%)	加工油 (%)
1)	99.9 ⁶	0.04
2)	99.9 ⁶	0.04

溶解した油は連続的に再生し常に新液を循環している。なお新液から、2,000 時間稼働後の洗浄剤をガスクロマトグラフで分析し洗浄剤の老化度を確認したのが表5, 表6の通りで、99.9%の純度

を保っていることが分る。現在すでに 4,000 時間を経過しているが問題は生じていない。

(5) 本機は真空中で全工程を行うため、クローズド化構造をとっている。さらに排気も回収し、再生

表7 ランニングコスト一覧表

名称		仕様	単価(円)	月	1ヵ月(円)
洗剤	消耗量	5ℓ/日	300円/ℓ	22日	33,000
	排液	油分 80%で排液したとして	300円/ℓ	12.5ℓ	3,750
消耗品	フィルタエレメント	75φ×250ℓ 20μ	1,300円	4本	5,200
	真空ポンプオイル		3,500円/4ℓ	0.5ℓ	438
	真空ポンプグリス		25,000円/1kg	15.3	383
1次側 ユーティリティ	電気	φ3.200V 30kWhr	kW		
	エア	駆動用 ブロー用	平均使用量 200Nℓ/min なし	m ³	
	排水 冷却水 排気	なし 80ℓ/min タワー水でOK 10m ³ /min			
稼働時間	洗剤の価格は、標準的な炭化水素				
1日 : 8hr					
1ヵ月 : 22日					
176hr/月					

排液も煮沸後、濃縮して取り出すため、ランニングコストは従来のエタン、塩化メチレンと比較して1/5~1/10と低減している(表7)。

- (6) 安全対策として、オイルパン安増防爆機器の使用、間接加熱方式、エアパージによる内圧防爆、水・エア・温度・真空度などにインタロック標準、さらに可熱性ガス濃度警報システム、防火ダンパ、二酸化炭素自動消火システム、1次側エアの自動遮断、電源自動遮断などのさまざまな安全機器を装備している。
- (7) 地球温暖化防止対策として、排気温度は常に水温の35°C以下で排風している。

課 題

洗浄剤の選定が大きな課題であると言える。なぜなら現在、洗浄剤市場には石油化学メーカーや洗浄剤メーカー、繊維メーカーなど多数の大手メーカーが台頭しており多種多様な洗浄剤が出ている。これらの洗浄剤はノルマルパラフィンおよびグリコールエーテルの単一製品であったり、それらにアルコール溶剤もしくは界面活性剤を配合したものであったりとさまざま

ある。また洗浄対象も鉱物油除去用、水溶性油除去用、フラックス除去および樹脂除去用と種類がある。この選定を誤ると完全な洗浄効果は望めない。そのため事前に実機テストを行う必要がある(写真1)。

また油の種類によっては添加剤に塩素系化合物を多量に含有したものもあり、この場合も洗浄剤の選定と再生温度の設定の的確さが求められる。これを誤ると特に銅やアルミといった素材に顕著に見られることだが、経時変化によりシミ、変色などが発生し得る。他にも連続再生により洗浄剤成分の合解・分離のないものを選定することにも注意を払いたい。

今 後 の 動 向

トリクレンや塩化メチレンの代替として、大部分は炭化水素洗浄へと移行しつつあり、今後もその特徴を生かしてこの傾向はさらに加速するものと思われる。そのような中で、これから新たに加入する洗浄法として考え得るのは「二酸化炭素を使用した超臨界状態での洗浄」であろう。現状ではコスト面での課題が山積みだが、あと4~5年先にはコスト的に採算の合う電子部品業界で実用化に踏みだされると予測している。