

Cleaning and Drying Equipment of Vacuum System, Using Hydrocarbon System Solvent

by Masahiro Doumoto

Representative director, AQUA TECH CO., LTD (AQA)

485-12 Oira, Onga-cho, Onga-gun, Fukuokaken, Japan

zip code: 811-4311

Phone: +81-93-291-5233

Fax: +81-93-291-5230

E-mail address: aquatech@mue.biglobe.ne.jp

<http://www.kitakyu-techno-ctr.co.jp/ktf98/eng/guide02.html>

In cleaning of lead frames and fluxes for semi-conductor, they are cleaned with ultrasonic wave and oscillation in the vacuum state. Afterwards, they are quickly put into higher level of vacuum and dried on an instant. We have made a series of these processes fully automated. Cleaning solvent is recollected and reused in a closed vacuum room. Therefore, the running cost can be greatly reduced and also we have established the effective environmental technology. In this sense, we believe that this is an epoch-making equipment which can fit to the environmental age.

Background for development of hydrocarbon system, vacuum cleaning and drying equipment

Due to the environmental problems such as ozone layer destruction, use of special freon and trichloroethane has been completely abolished since the end of 1995. As the substitute, the cleaning method was shifted to water system cleaning. Nevertheless, it has such weakpoints that work gets rusty, that a great amount of thermal energy is consumed for drying, that waste water treatment facility is needed, and that it involves the problems of cost and installation space. As its solution, we considered use of methylene chloride and trichloroethane of chlorine system solvent. However, in April 1997, "Air Pollution Prevention Law" and "Water Quality Contamination Prevention Law" were established, where methylene chloride and trichloroethane are decided as hazardous substance because they were judged as organic solvents having carcinogenic substance. Then, the standard values for purification of them were established. Furthermore, at present, the regulation became severer in connection with the global warming prevention policy.

Development

Under such background, we took notice of hydrocarbon cleaning solvent. It has the following merits.

- (1) Work does not get rusty while it does in water cleaning.
- (2) No waste water treatment facility is needed.
- (3) Acid and alkali are not used.
- (4) Many makers participate in development of cleaning solvent, resultantly reducing the cost.

Meanwhile, use of hydrocarbon cleaning solvent has a sole demerit of being "inflammable". In order to overcome the weakpoint, we have reached the conclusion that "all processes from cleaning up to drying should be conducted in the vacuum."

Features

Using a cage (size 300 x 200 x 200 H mm) for work to be filled in, we have completed the testing machine of the same specification as real equipment. (see Photo 1, Drawing 1).

We have repeated the cleaning and drying tests many times to obtain a lot of data.

On the basis of the data, we will introduce below the features of what all processes are carried out in the vacuum.

- (1) After deaeration in the vacuum, ultrasonic wave is applied. Then, strong cavitation is obtained to bring about the highest cleaning effect...
- (2) As cleaning is performed after the material is drawn in the vacuum, blind hole parts can be thoroughly cleaned, since the air accumulated at the blind hole is blown off and the cleaning solution can enter deeply. (see Table 1, Table 2, and Photo 2) Furthermore, even in such a case as short sized, lead frame material on which oil is deposited 0.15mm thick, complete cleaning is available for a short time by the flash effect of ultrasonic wave, oscillation, high level of vacuum after vacuuming. (see Table 3, Table 4, Photo 3, and Photo 4)
- (3) In the drying stage, since the material is drastically put into the high level of vacuum, bubbling phenomenon is accompanied, which enables to perform ultra high speed drying.

While it conventionally takes more than 60 minutes to dry short-size, lead frame material, vacuum drying of it takes only 7 minutes. However, in order to dry it within 7

minutes, the preconditions of vacuum, temperature, flash effect etc. must be all fulfilled. If these pre-conditions are met, all material such as copper system, aluminum system, 42 alloy etc. can be completely dried without decoloring. Such materials are practically dried on the test line. (see Photo 3, Photo 4). And the flow chart for this case is shown in Fig. 2.

- (4) Since a vacuum distilling regenerator is built in the Equipment, the dissolved oil is continuously regenerated, resulting in circulating new solution at all times. Table 5 and Table 6 indicate the degree of aging of the cleaning agent, which is analyzed by gas chromatograph after 2,000 hours' working time. They prove that 99.9% of purity is being kept. Up to now, 4,000 hours of working time have been elapsed without any troubles.
- (5) This Equipment is of a closed structure, because every process is conducted in the vacuum state. Furthermore, the exhaust air is recollected and the reused waste solution is condensed and taken out after being boiled down. Consequently the running cost is reduced to 1/5 or 1/10, compared with the cost in the conventional way using ethane and methylene chloride. (see Table 7).
- (6) As safety measures, are provided various safety apparatus such as use of oil pan and increased safety, explosion-proof unit, indirect heating system, inner pressure explosion-proof by air barge, interlock standards for water, air, temperature, vacuum etc.. In addition, this Equipment is equipped with alarm system for inflammable gas density, fire preventing damper, automatic fire extinguishing system using carbon dioxide, automatic breakdown of primary side air, automatic breakdown of power, and so forth.
- (7) As countermeasures against the global warming problem, the exhaust air is always discharged at the temperature of 35°C or less.

Theme to be investigated

The major theme to be investigated is selection of the cleaning agent. Because at present many big industries of various field such as petroleum chemical makers, cleaning agent makers, texture makers etc. are involved in the cleaning agent market, resulting in diversifying the sort of the cleaning agent in the market. Some of them are made of a single product of normal paraffin and glycol ether. Others are the one which alcohol solvent or surface active agent is mixed in it. And, in terms of cleaning object, there are various sort of cleaning agent such as those for removal of mineral oil, for removal of water soluble oil, for removal of flux, and for removal of resin. Therefore, wrong selection of the cleaning agent produces no perfect cleaning effect. From this point of view, the pre-test using a real equipment is needed. (see Photo 1).

Some sort of oil contains a lot of chlorine compound as additives. In this case as well, selection of the cleaning agent and setting of regenerating temperature must be exactly searched for. Wrong selection of these factors may generate spotting or decoloring due to aging change, which is remarkably seen with material such as copper or aluminum. Another important point which must be put in mind is selection of the cleaning agent whose ingredient is not dissolved or separated by continuous regeneration.

Trend in the future

As substitutes for trichlene or methylene chloride, most cleaning systems have been shifted to the hydrocarbon cleaning. This trend will be probably accelerated, further utilizing its characteristics. Among such a situation, the possible new system for cleaning will be "cleaning using carbon dioxide in the supercritical state". Though there are many problems in terms of the cost phase at present, it is predicted that electronics parts industry may step up towards realization of this system within the profitable cost in several years

Photo 1 Semi-automatic, batch type, vacuum cleaning and drying equipment.

Fig. 1 Drawing of vacuum cleaning and drying equipment

Control panel	Distilling regenerating unit	Vacuum pump
Lift cylinder		
Motor for driving lift		
Work		
Chuck		
Cooling coil		
Ultrasonic wave		
Inlet		
Vacuum dipping, ultrasonic wave cleaning + oscillation		
Vacuum finish cleaning		
Vacuum drying		
Outlet		
Vacuum pump		

Specifications

1. Basket size : square cage 300 x 200 x 150 H mm
2. Cleaning process
vacuum dipping, ultrasonic wave cleaning + oscillation → vacuum finish cleaning + vacuum drying
3. Primary side utilities
 - 1) Electricity : ϕ 3 200v abt 21kw :
 - 2) Air : 4~6kg/c m²
 - 3) Cooling water :50 l/min
 - 4) Exhaust air :5 m³/min

Table 1 Analytical data of residual oil before and after cleaning for blind hole work

Name of specimen	Normal hexane extract material (mg/5 pieces)
Vacuum cleaning Standing jig cleaning (600 sec)	0.1 or less
Vacuum cleaning Horizontal placing cleaning (600 sec)	0.1 or less
Organic solvent (trichlene)	5.4
Water cleaning	8.0
Before cleaning	11.7

Measuring method : JIS K 0102 24 normal hexane extracting, weight method

Table 2 Analytical data of residual oil before and after cleaning

Name of specimen	Normal hexane extracting substance (mg/2 pieces)	
Vacuum cleaning 360 sec	0.1 or less	0.1
“ 180 sec	or less	0.1 or
“ “ 2 stg (lower)	less	0.1 or
“ “ “ (upper)	less	0.1 or
“ 90 sec	less	1.1

After trichlene cleaning	45.0
Before cleaning	

Measuring method : JIS K 0102 24 normal hexane extracting, weight method

Photo 2 Full automatic, batch type cleaning and drying equipment for short size, lead frame

Photo 3 In-line type, vacuum cleaning and drying equipment for short size, lead frame

Photo 4 In-line type, vacuum cleaning and drying equipment for short size, lead frame

Table 4 Analysis data before and after cleaning

Name of material	Residual oil (mg/10)	Residual SO ₄ (ug/l)	Residual Cl (ug/l)
Lead frame No.1	0.25	-	-
“ No.2	0.90	-	-
“ No.3	0.30	-	-
“ No.4	0.28	-	-
“ No.5	0.20	-	-
“ No.6	0.36	0.36	-
“ No.7	0.38		1.07

Unit : residual oil = mg/10 frames

SO₄, Cl = ug/frame

Analytical method = infrared absorption method (residual oil)

ion chromatograph method (SO₄, Cl)

(as per JIS K 0102-1993)

Table 3 Analysis data before and after cleaning

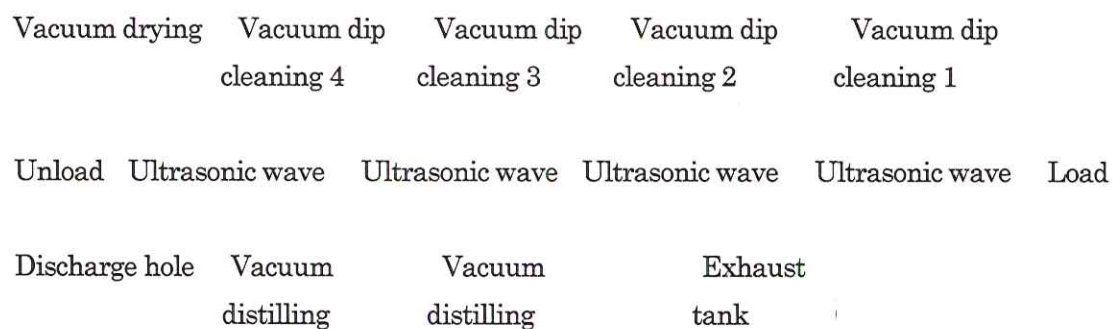
Name of material	Residual oil (mg/10)	Residual SO ₄ (ug/l)	Residual l Cl (ug/l)	Residual oil in case of methylene chloride	Before cleaning (per cage)
Lead frame No.1	0.4	0.43	2.33	0.6	
“ No.2	0.3	0.43	2.00	0.6	
“ No.3	0.2	1.05	2.25	0.3	
“ No.4	0.2	1.11	2.17	0.3	
“ No.5	0.2	1.13	1.38	0.3	
“ No.6	0.3	0.35	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	6.900mg
“ No.10	0.5	1.23	2.02	0.6	6.900mg

Unit : residual oil = mg/10 frames

SO₄, Cl = ug/frame

Analytical method = infrared absorption method (residual oil)
ion chromatograph method (SO₄, Cl)
(as per JIS K 0102-1993)

Fig. 2 Vacuum system, full automatic cleaning equipment



regenerator regenerator

Specifications	Content
1. Cleaning agent	Hydrocarbon system cleaning agent
2. Standard tact time	10 minutes/2 cases
3. Transfer method	basket 2 stages delivery in order
4. Ultrasonic wave	Output 1,200w x Class 4 3 kinds (28, 45, 100 Hz)

Table 5 Hydrocarbon system cleaning agent (new agent)

Analyzing method, measuring conditions	
Gas chromatograph	SHIMAZU-make, GC14A/FID
Column	silica capillary DB-1 (J&W Sci), 0.25mm ϕ x 30m
Heating condition	70°C(5min)5°C/min, 100°C(0min)20°C/min 300°C(20min)
Carrier gas	He flowrate 2.1ml/min, split ratio 1:150

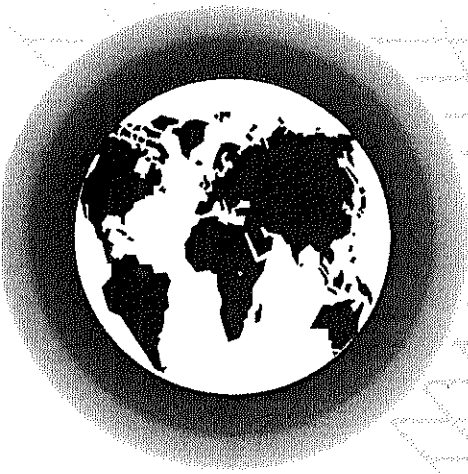
Table 6 Hydrocarbon system cleaning agent

(after 2000 hours of continuous distilling regeneration)

Result of measurement		
Specimen	NS clean density (%)	Machining oil (%)
1)	99.9	0.04
2)	99.9	0.04

Table 7 Comparison of running cost

Item		Specification	Unit cost (yen)	per month	monthly cost(yen)
Cleaning agent	Consuming amount	5 l/day	300 yen/l	22 days	33,000
	Waste solution	80% of oil content is taken as waste solution	300 yen/l	12.5 l	3,750
Consumable	Filter element	75 ϕ x 250 20	1,300 yen	4 pcs	5,200
	Vacuum pump oil		3,500yen/4	0.5	438
	Vacuum pump grease		25,000yen/kg	15.3	383
Primary side utilities	Electricity	ϕ 3, 200V 30kWhr	kW		
	Air for driving	average using amount 200NI/min	m3		
	Air for blowing	none			
	Waste water	none			
	Cooling water	80 l/min tower water is OK.			
	Exhaust air	10m3/min			
Working hour	day : 8 hours month : 22 days 176 hrs/month	The price of cleaning agent is that of standard hydrocarbon system cleaning agent.			



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にし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

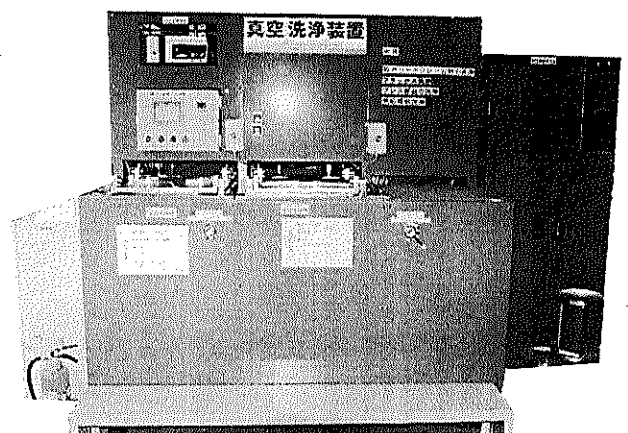


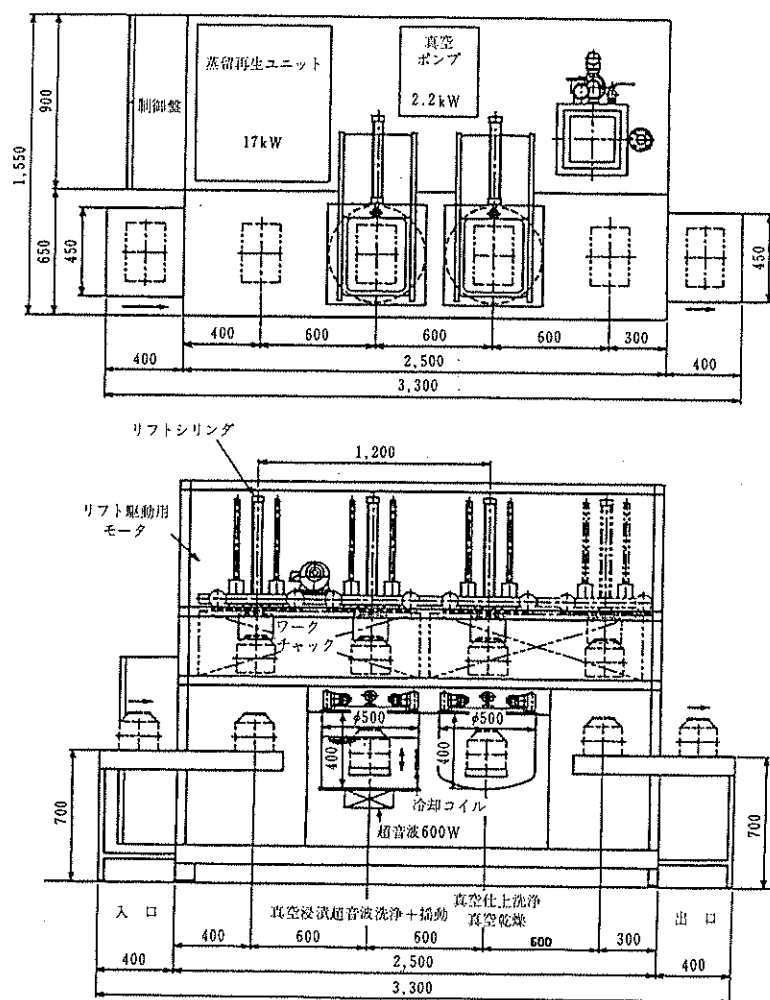
写真1 半自動バッチ式真空洗浄乾燥機

*Doutmoto 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 $\phi 3$ 200V 約21kW
 - 2) エア 4~6kg/cm²
 - 3) 冷却水 50ℓ/min
 - 4) 排気 5m³/min

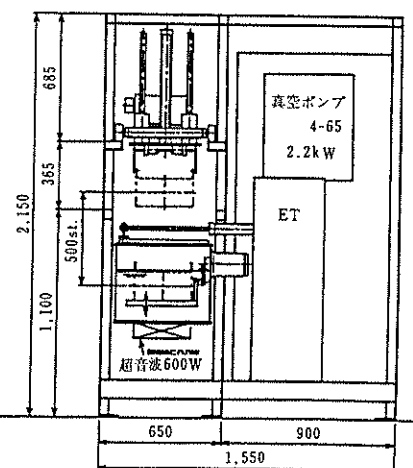


図1 真空洗浄乾燥機図

2)。さらに短尺リードフレーム材のように、0.15t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に完全乾燥する。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 立て治具洗浄(600秒)	0.1以下
真空洗浄 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

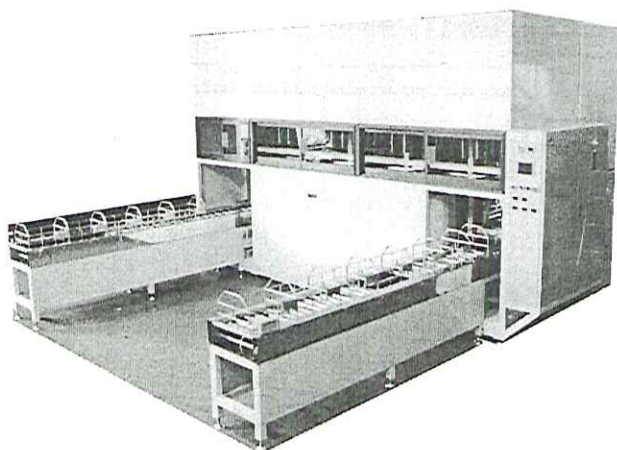


写真2 短尺リードフレーム全自動バッチ式真空洗浄乾燥機



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

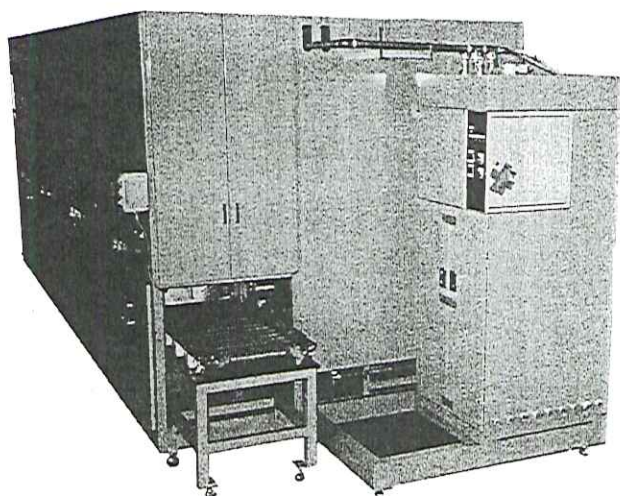


写真4 短尺リードフレームインライン型真空洗浄乾燥機

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	6.900 mg 〃
〃	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	
〃	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)

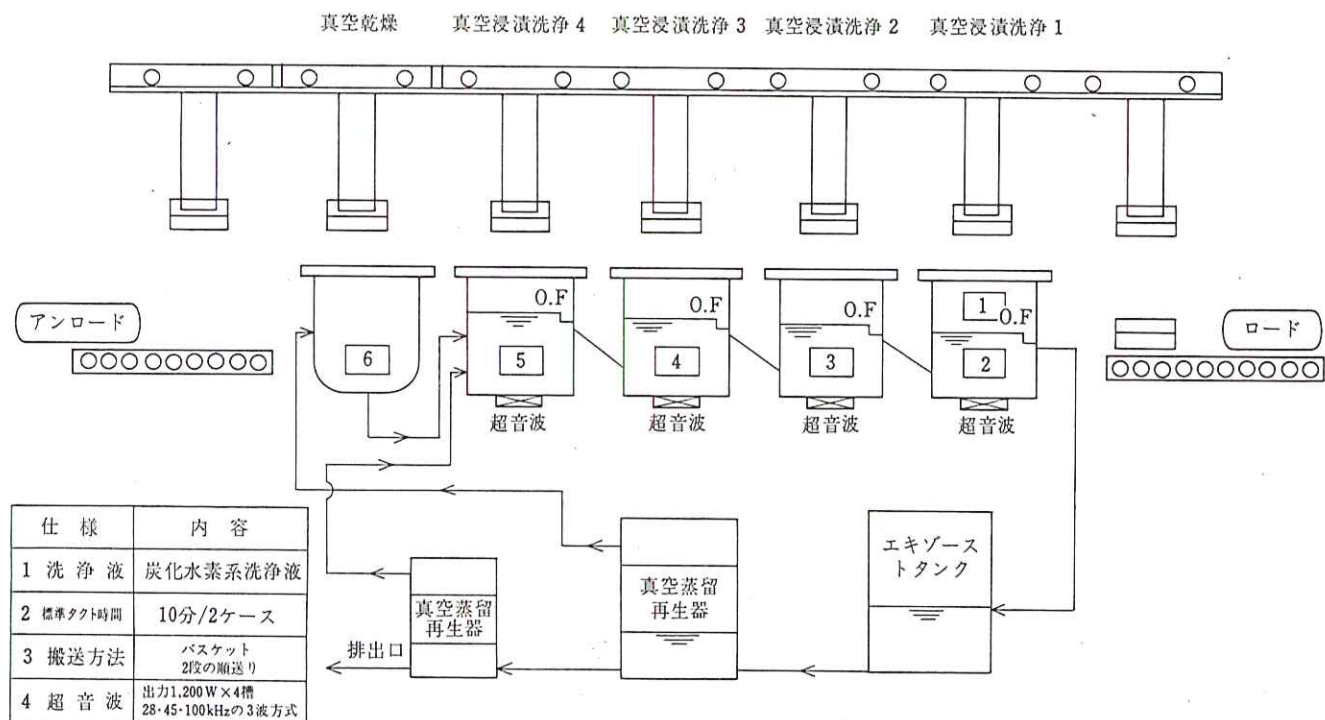


図 2 真空方式全自動洗浄装置

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	シリカキャピラリー 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)

測定結果		
試料	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液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 ヶ月(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/1 kg	15.3	383
1 次側 ユーティリティ	電 気	φ3.200 V 30 kWhr	kW		
	エ ア 駆 動 用 ブロー用	平均使用量 200 Nℓ/min なし	m ³		
	排 水 冷却水 排 気	なし 80ℓ/min タワー水で OK 10 m ³ /min			
稼働時間		洗浄剤の価格は、標準的な炭化水素			
1 日 : 8 hr					
1 ヶ月 : 22 日					
176 hr/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、オイルパン増設防爆機器の使用、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、さらに可燃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℃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分解・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込まれると予測している。