

混合真空清洗干燥设备

Vacuum Cleaning & Drying Equipment



株式会社 AQUA TECH
董事长

堂元 雅洋
Domoto Mesahiro

1. 引言

使用碳化氢清洗剂的真空清洗机，用于洗净汽车零件、电子零件、精密零件等的切削加工油、冲压油、研磨油和铁屑等，现在越来越普及了⁽¹⁾。在清洗矿物油方面，碳化氢清洗剂有着卓越的溶解除污能力。但是，在水溶性油、水溶性切削油以及水溶性研磨油等混有水分的油污方面，其除污性能表现不佳。因此，如果只使用碳化氢清洗剂来清洗，不能完全去除污迹。对这些污迹进行分析发现，其成分是水里含有的钠、钙、钾、镁等微量成分、还有加工油里含有的钙、硫磺、氯化类及其化合物，在干燥时这些成分浓缩并残留下来，于是形成污迹。

为了解决水溶性切削油的污迹问题，可以把以前一直使用的水性清洗剂与碳化氢清洗剂组合使用，拿出水系清洗剂与碳化氢清洗剂各自的优点组合在一起，并力图使之装置化。本文将介绍其具体方法与设备、以及最新的真空清洗干燥设备（我公司与神户炼钢厂株式会社的共同专利商品），该设备并用水性清洗剂与乙二醇醚，达到了既无污迹残留又干燥环保的效果。

2. 关于清洗剂

关于清洗剂，可以使用中性类型的清洗剂或碱性清洗剂。为了更有利于排水处理，一般使用中性类型。如果对清洁能力有较高的要求，可使

用碱性类型，但这种情况下必须设有能调整 pH 值的排水处理装置。碳化氢清洗剂可以采用水置换类型，但是以连续蒸馏的质量稳定性为首要考虑因素，这次采用了乙二醇醚。乙二醇醚与碳化氢清洗剂等的基本特性如表 1 所示。

3. 关于多槽式真空清洗干燥机

这次使用了大气压方式的水性清洗剂及乙二醇醚，把真空清洗与真空干燥装置组合在一起形成一系列的装置。在采用多段式真空蒸馏再生机及真空泵的同时，为了降低运行成本及作为环境安全的对策，附带了废气回收系统、自动排气系统、防爆系统。这些全部内置在宽 5,400×深 1,600×高 2,860mm 的设备内（照片 1、2 及图 1、2、3）。

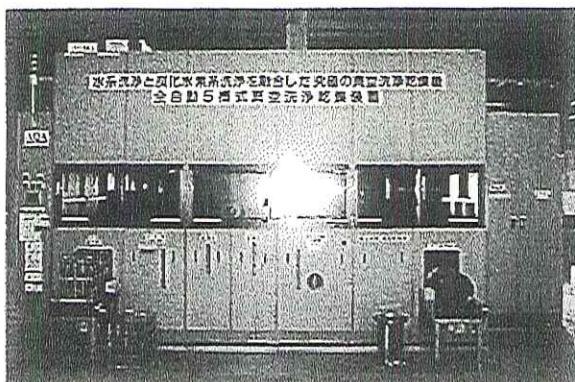
3.1 工序及其目的

6 槽式真空清洗干燥机的一次循环以 6 分钟以上为标准。工序包括水性清洗 1⇒水性清洗 2⇒水洗 1⇒水洗 2⇒真空清洗⇒真空干燥（图 4）。

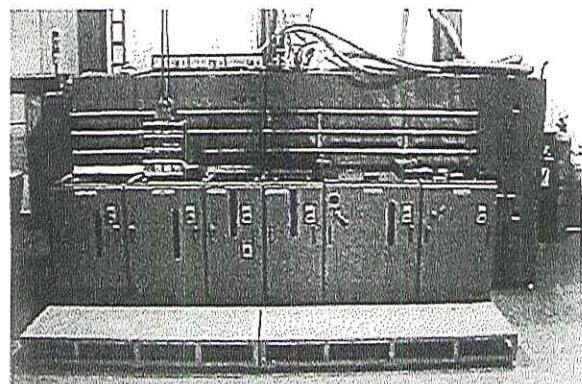
首先水性清洗的目的是洗净水溶性油分及无机物。为了提高清洗效果，附带了超声波及上下摇动机构。然后在油水分离槽使油分浮起，用浮油回收器去除浮起的油分，避免油分再次粘上工件。

连续蒸馏的乙二醇醚。
特辑：工业用清洗设备的趋势

10 工业清洗 No.4 (2009年9月)



照片 1 5 槽式全自动真空清洗干燥机(只有 1 个水洗槽)



照片2 6槽式半自动真空清洗干燥机

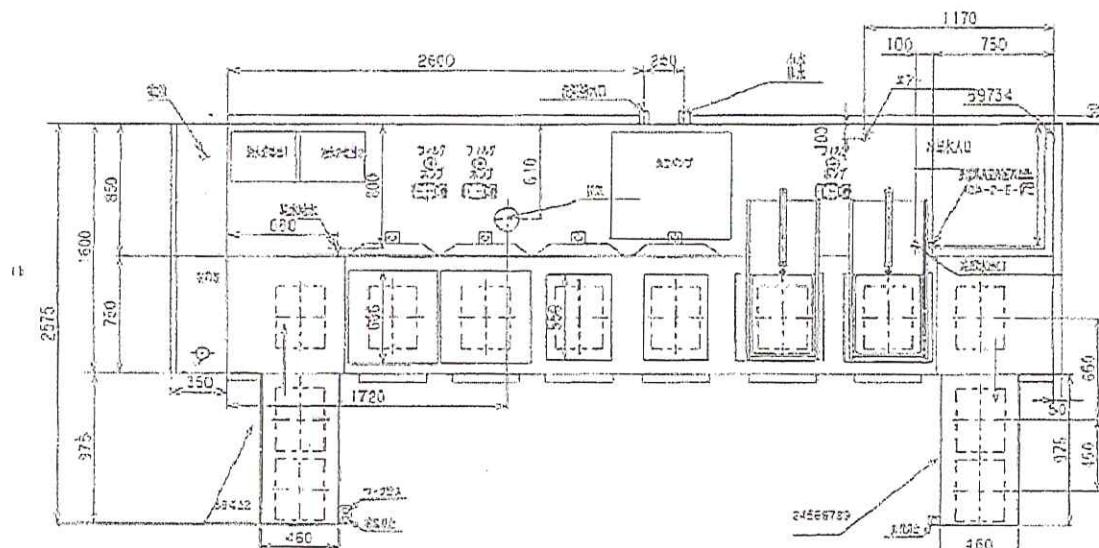


图2 6槽式全自动真空清洗干燥机(俯视图)

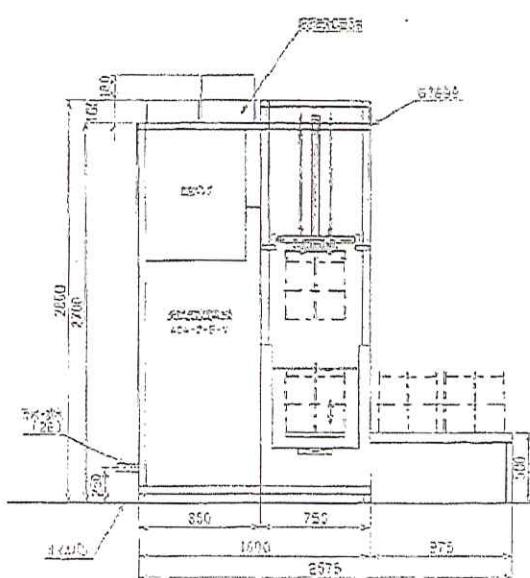


图3-6 槽式全自动真空清洗干燥机(侧视图)

表1 各种清洗剂的基本物性

基 本 物 性		乙二醇醚 ^{*1} (S-110)	碳化氢清洗剂 ^{*2} (NS-110)	氯化类溶剂 参考(书目值)
		二氯甲烷		
基 本 物 性	密度 (15°C) (g/cm ³)	0.927	0.734	1.326 (20°C)
	蒸汽比重 (空气=1)	4.1	4.9	2.9
	沸点 (°C) 初馏点	174	169	40
	终点	-	173	-
	流点或熔点 (°C)	-	-30.0	-96.7 (融点)
	动粘度 (20°C) (m ² /s) (cSt) (40°C)	7.3 (50°C) 2.8	1.27 0.97	0.43
	表面张力 (20°C) (mN/m) (dyn/cm)	29.9	21.0	28.1
	蒸发潜热 (kcal/kg)	-	66.0	78.7
	比热 (20°C) (mm ² /kcal/g · °C)	-	0.52	0.28
	SP 值	9.3	7.7	9.7
安 全 性	折射率 (20°C)	1.9275	1.411	1.424
	气味	低臭	极微臭	乙醚气味
	燃点 (20°C)	68	53	无
	爆炸界限 (vol%) 下限 上限	-	0.8 5.5	15.5 (氧气中) 66 (氧气中)
安 全 性	消防法 (危险物第 4 类) (指定数量)	第 2 石油类、水溶性 2.000ℓ	第 2 石油类 1.000ℓ	不适用 2.1
	劳动安全卫生法 (有机溶剂中毒预防规制)	不适用	不适用	第 2 种有机溶剂

*1: 可乐丽公司制造 *2: JX Nippon Oil & Energy Corporation 制造

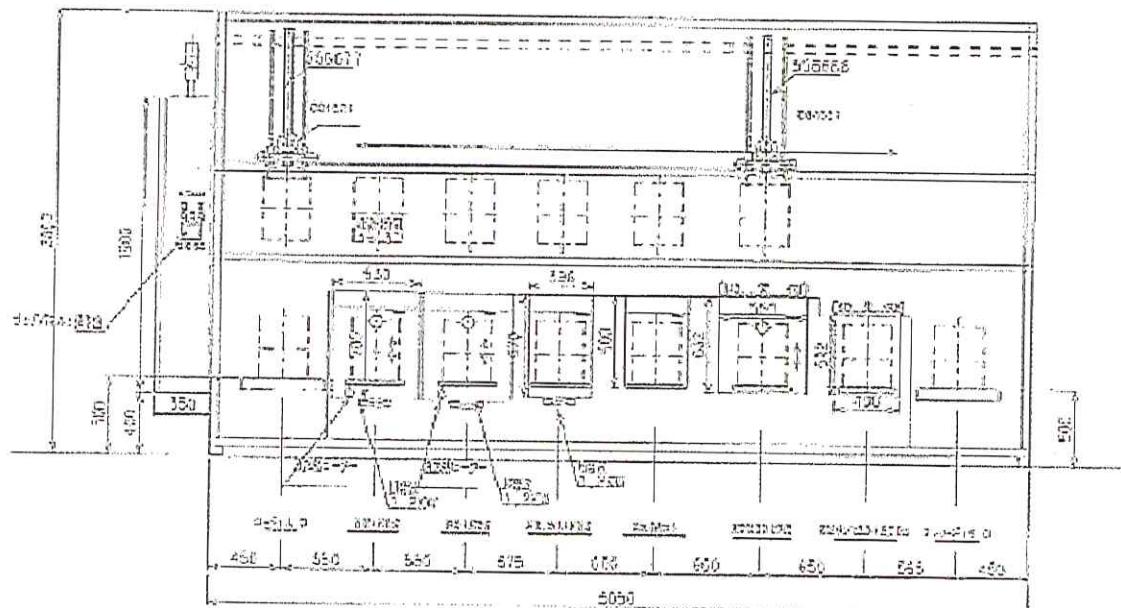


图1 6槽式全自动真空清洗干燥机(正面图)

再用过滤器连续过滤杂质。由于有 2 个槽，该操作反复进行 2 次。另外，清洗剂要定期更换。更换的频率根据清洗能力进行判断、设定，使油分浓度控制在 3,000~15,000ppm 范围内。在下一步水洗工序中去除粘附的清洗剂和污垢。

在水洗的第 1 个槽，为了完全去除粘附在工

件上的清洗剂成分之一的表面活性剂与污垢，同时使用了超声波。从第 2 漂洗槽开始使用 2 段对流方式供水。此时的水量应管理、设定在一分钟 5~15ℓ 范围内。漂洗用水根据目的选用自来水或纯水。

下一工序的真空清洗中，清洗剂采用了能够

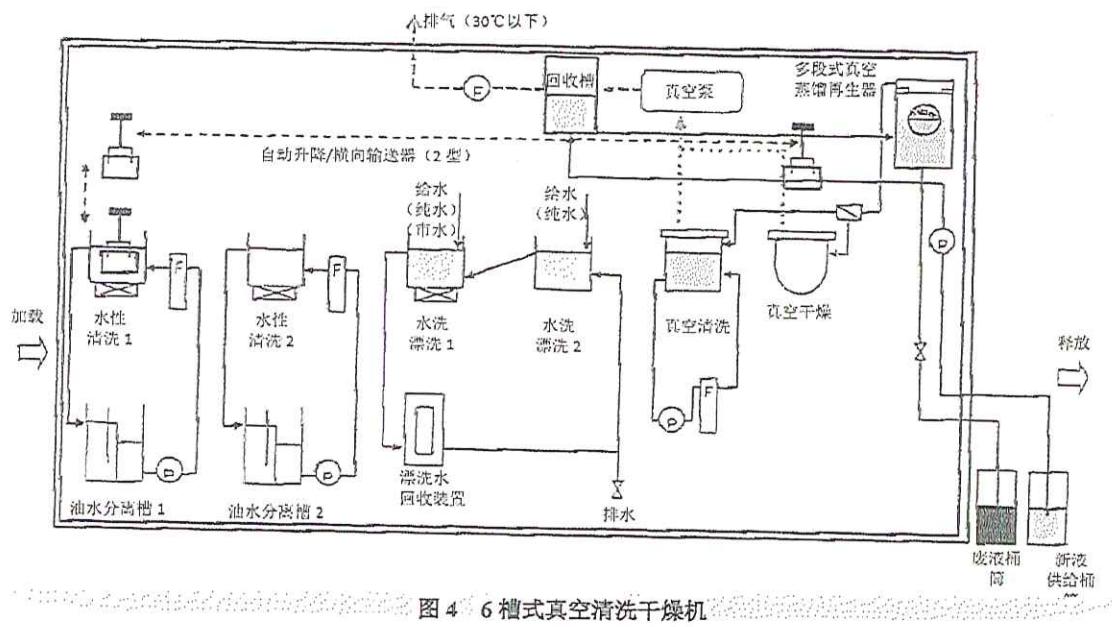
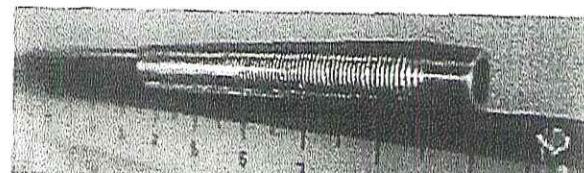


图 4 6 槽式真空清洗干燥机

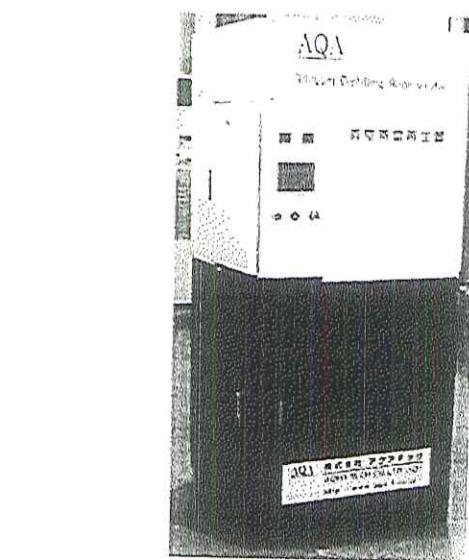
表 2 盖形螺母工件清洗前后的残留油分分析结果

工件=90 \times 6φ, 内部有 4φ20mm 的螺纹孔

试料名称	正己烷抽取物 (mg/5 件)
真空清洗 工件: 立式夹具清洗 (600 秒)	0.1 以下
真空清洗 工件: 横置清洗 (600 秒)	0.1 以下
有机溶液 (三氯乙烯)	5.4
水洗	8.0
清洗前	11.7

测量方法: JIS K 0102 正己烷抽取重量法

在这个工序去除从前一工序带过来的水分, 清洗在大气压下清洁不到的微细隙缝及空穴内部, 去除工件表面的冲压硬化层(原材料被挤压、压缩而产生的一层物质)内部的油分、异物等。结合真空与上下摇动加强效果, 可完全洗净这些污垢。另外, 关于空穴内部的清洗方法, 采用了本公司独有的“闪洗法”, 可以完全洗净螺丝孔内部(表 2)。再通过过滤器连续过滤杂质。由于清



照片 3 多段式真空蒸馏再生机

洗剂可以连续蒸馏, 无需全部更换, 只要添加被工件带走的量就即可。

接下来是真空干燥, 由多段式真空蒸馏机(照片 3)产生出纯度 99.9% 的乙二醇醚蒸汽进行最终清洗, 完全清除前一工程粘附的非常少量的油分及无机物等污迹。同时设定了相关条件, 使工件温度升高以便于进行干燥。然后, 一下子转换成高度真空环境, 使粘附在工件上的清洗剂突沸

干燥，在循环时间内组合使用蒸汽最终清洗与真空干燥。
特辑：工业用清洗设备的趋势

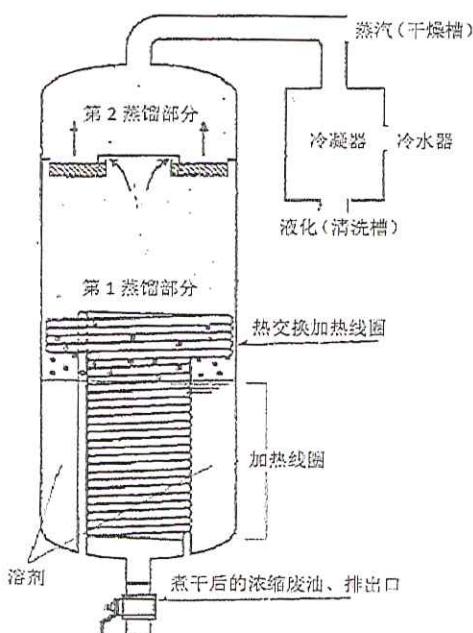
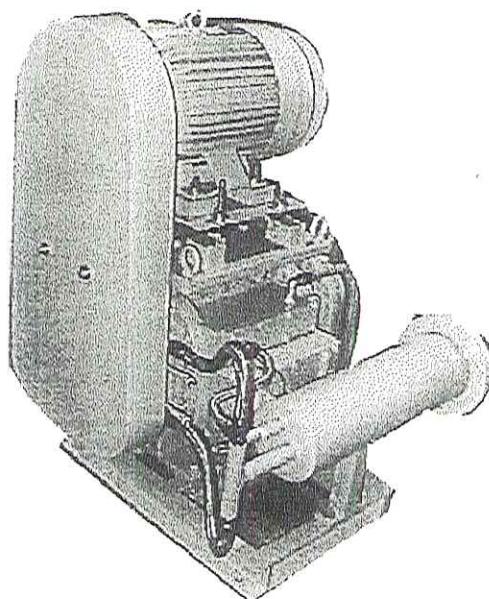


图5 多段式真空蒸馏再生机的蒸馏筒内部



照片4 干式真空泵

3.2 规格

清洗与干燥的质量依赖于蒸馏再生机的性能。本公司的蒸馏再生机为多段式真空蒸馏再生机。在蒸馏机内部的第1蒸馏部分把清洗液蒸馏到同一蒸馏筒内的上半部分，再次蒸馏，使纯度提高至99.9%，这种方式就称为多段式（图5）。蒸馏再生量为每小时平均200t，加热方式为采用特别开发的导热油进行间接加热。热源使用30kW的标准电能加热器。

另外，也可以使用蒸汽作为热源，蒸汽方式的运行成本较低、容易确保安全性。构成部件为0.75kW的循环泵，附带1.975kW的加热线圈，两者均采用安全防爆规格。

接下来是真空泵，本公司在外壳内采用无需油或水的干式多级根式真空泵（照片4）。它是由多级叶轮组成的，采用一体化的叶轮与旋转轴，可以得到高达0.1Pa的压力。轴封是干密封规格的，由于不使用内部润滑剂，不会有油逆流至高真空区，因此既可以获得高度真空，磨损较少因而可以长时间连续运转，维护管理也简单。根据本公司的规格，其电机的容量为5.5kW，排气量为每分钟2300t（图6）。

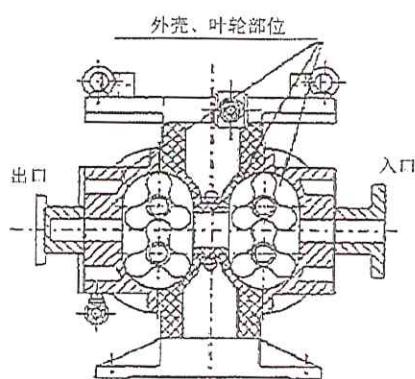


图6 干式真空泵的内部

过滤装置附带了2个水性清洗槽、真空清洗槽和多段式真空蒸馏再生机。有两个卡式过滤器。滤网卡可根据使用目的在1~200μm范围内选择。液位计、液面传感器与泵带有压力计与压力开关。水性清洗过滤泵是0.4kW的，标准循环能力为每分钟30t；真空清洗槽过滤泵则是0.56kW的，标准循环能力为每分钟20t。

表3 电源方面实用性的详细内容

项目	必要量	连接
电力	Φ3.200V 67kW 60Hz (使用蒸汽时则要减少 50kW, 为 17kW)	控制器电源
气压	必要压力: 0.4MPa 以上 必要量: 3600NL/min	1B
排气	20m3/min 必须架设排气管	Φ150
冷却水	必要流量: 130L/min 冷却能力: 37kW 机内压力损失: 25m	入口 2B 出口 2B
纯水 (市水)	150/min	1/2B
清洗剂排水 纯水排水	150/min	2B 2B
液体合计量	(1)水性清洗剂 600L (2)乙二醇醚 220L	-

在 2 个水性清洗槽与第 1 水洗槽内安装有超声波发生器，规格为 1200W、28kHz。另外，在真空清洗槽内安装的超声波，要采用真空专用的发信器和振子，其操控也要采用真空专用的控制方法，以避免发生故障。

输送机采用自动输送方式，上升下降利用气缸控制，前进通过电机控制。上升下降的控制包括摇动与晾干功能。

在控制方面，为了确保安全以及达到防爆规格，组合使用自动编程控制与触摸屏。由于所使用的清洗剂属于第 4 类第 2 石油类水溶性物质，作为安全对策，采用了液面检测、过度加热检测、安全防爆电机、发生异常时的真空清洗槽盖与干燥槽盖自动开闭系统、气洗、冷却水流量检测开关、气压检测系统、自动排气扇、自动减震器、自动灭火系统、紧急停止、接油盘、信号塔、间接加热方式、发生异常时自动切断电源的系统等，配合控制系统确保安全。

电源方面的实用性的详细内容如表 3 所示。

4. 特征

(1) 内置多段式真空蒸馏再生机，不停地进行蒸馏。清洗剂的总量为 220L，而再生量则为每小时 200L，因此理论上使用 2 小时 12 分钟可全部更换为新液。这样一来，就可以实现不留污迹的清洗、干燥效果。另外，蒸馏出

来的油分，煮干浓缩后排出，排出后可作为助燃剂循环再利用。

(2) 真空泵如果直接吸入清洗剂，这些液体会在泵内膨胀，造成故障。这是由于泵内的清洗剂膨胀后侵入轴承内部使润滑油溶解，导致轴承受损。本公司对该问题采取了有效的对策，在真空泵入口的管道全部采用加热配管，使吸入的清洗剂变成蒸汽后直接通过真空泵内部。采取这个对策后，真空泵再无故障。而且，该配管加热时是循环利用多段式真空蒸馏再生机用剩下的导热油，因此不会增加新的热源（图 7）。还有，从真空泵排出的废气和油雾都通过废气回收罐进行冷却回收，在设备内循环再用。通过这些的对策，既减少了清洗剂的补给量从而降低成本，也更加环保。另外，本对策可以从排气扇向设备外的排气温度为平均 28℃ 以下。

(3) 关于清洁能力，在水洗的基础上，配合乙二醇醚真空清洗，再使用蒸汽精细地清洗，并反复进行。在真空清洗中增加摇动效果，通过真空与大气压的反复“闪洗法”，对螺丝孔等难以清洁的地方也能够完美地清洗干净（参考表 2）。

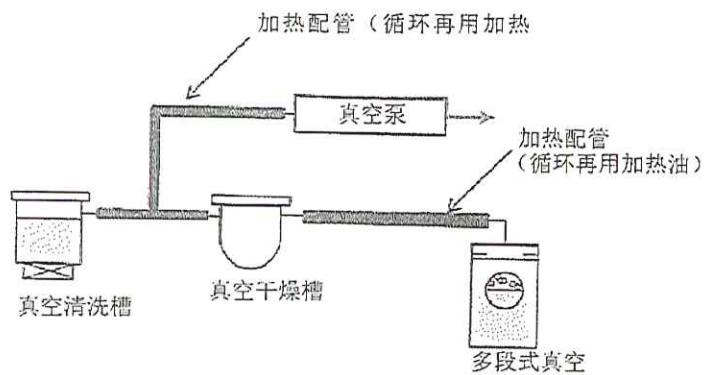


图 7 真空泵的吸气管加热系统

(4)在真空干燥方面，首先用纯净的蒸汽漂洗，

然后一下子转换成高真空，从而降低清洗剂的沸点产生突沸现象，实现干燥效果。这时，通过反复进行真空与大气压的“闪洗”作用，可以缩短干燥时间。由于是在无氧的真空中进行干燥，因此不会产生氧化、变色、污迹。这样一来，对于后面的工序，可以提供更优越的紧密性能并大幅降低次品率。

(5)保养与故障维修也很重要。对于真空泵的机油、润滑油脂、导热油等需要定期补充、更换的，到了必要实施的时候会在触摸控制屏发出警告提示，同时信号塔也会发出鸣叫、闪烁黄灯的警告。在机器发生故障时，具备自我诊断功能，会把故障位置及处理方法显示在触摸屏上，并自动记录故障履历。

5. 结束语

汽车行业、精密零件行业、电子零件行业等，在小型化、轻量化、精密化及降低成本方面，以关系到企业生存的高度进行开发，谋求这些方面的进步。与我们息息相关的清洗行业与表面处理行业也不得不在这些方面做出努力。汽车正急速地进入电气化时代，可以说已经开始进入量产时代了。企业如果不能随之做出变化就无法继续生存。这是时代变化的要求。

根据这个现状，我们希望今后也能在工业清洗相关的开发实践中做出贡献。

（参考文献）

- (1)日本工业清洗协商会：清洗市场规模调查结果报告
(2007)