

# 使用低压复合水流清洗机 (空穴清洗) 进行工厂设备清洗的可能性

## 1. 前言

低压复合水流清洗机不使用任何高压水、化学剂、化学反应等，而是通过水和空气用物理方法去除吸附在水管内部的污泥。使用这一方法无需分解、不产生药液管理和废液处理等低成本，可实现免分解、不使用化学品、低成本且环保的清洗。

## 2. 清洗方法

在对象物的IN和OUT端口上连接0.8MPa以上的耐压软管，以0.4MPa的压力进行供水，在水流中混入作为空穴内核的微量空气，再使水流方向急剧反转以产生冲击波，通过微量空气膨胀收缩从而产生空化气泡。同时，因为利用空气颗粒构成缓冲可控制空穴清洗力，因此可以在不损伤对象物的前提下进行清洗。

## 3. 树脂成形模具水管的清洗效果案例

下面介绍在使用850T级的成形机制造面板零件的客户那里发生的案例。此次清洗的模具从全新制作、开始生产至今已经过了约7年的时间。现场的清洗方法仅将空气吹入水管，因此引进时成形周期为113秒的模具，目前只能以123秒周期进行成形。首先，为了对清洗前和清洗后的效果进行比较，我们在模具的通水流量和113秒的初始条件下进行生产，在模具温度稳定后对模具进行热谱测量，对模具的温度分布和成形品的不良状态进行比较。

### 【考察】

整体流量改善如Table1所示。清洗前Figure1的2处圆圈部分发生了表面收缩，成形周期需要123秒。与之相对的，清洗后模具温度分布得到改善，表面收缩消除，不良消失了。此外，虽然整体温度降低了，但由于树脂的流动发生变化，导致有的部分出现了温度上升，为降低相应位

置的温度，需要在初始条件基础上延长成形周期，结果发现以初始条件+2秒的115秒周期可以毫无问题地进行生产。

### 【结果】

成功缩短成形周期8秒钟。

确定该模具通过定期清洗，可以消除水孔故障，稳定生产。此外，因为与化学品不同，不会使模具溶解，即使高频率地清洗也不会对模具产生损害。

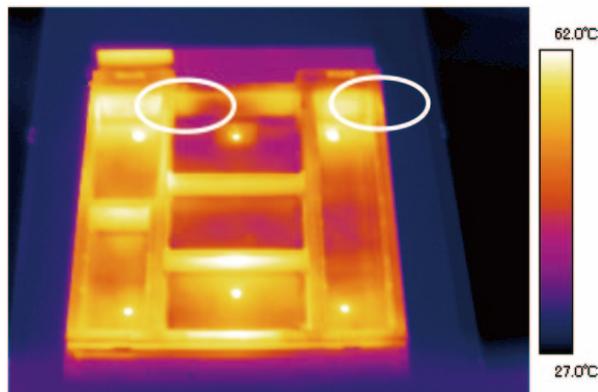


Figure1 清洗前的模具温度分布和不良

Table1 清洗前、清洗后的数值比较

项目	清洗前	清洗后
整体流量 (0.2MPa)	59.6L/min	74.6L/min
回路1	1.1L/min	4.2L/min
回路2	8.1L/min	10.3L/min
回路3	3.2L/min	5.3L/min
回路4	5.4L/min	7.0L/min
回路5	10.8L/min	12.5L/min
子回路1	16.9L/min	19.5L/min
子回路2	14.1L/min	15.8L/min
成形周期	123秒	115秒
成形不良 (初始条件下)	有表面收缩	没有不良

## 4. 清洗机的销售实绩

针对工厂设备的销售成绩还相当有限，但在树脂成型业界则取得了良好的销售实绩，特别是在汽车零件方面成绩尤为突出。除了模具，还有成型机的料斗下方、冷却器热交换器的清洗等，只要是水管就可进行清洗，还可用于其他用途。宝特瓶工厂的预成型模具、取出机的水管等以往需要花费约3天的时间来进行分解清洗，最近使用该清洗机进行清洗则只需短短24小时即可完成。而且，不仅仅是模具，其还可用于生产设备的预成型螺纹部分的烧结机、回转式鼓风机的水管清洗，在宝特瓶行业的未来发展也值得期待。此外，它还被用于铸铝等的模具水管清洗。针对工厂设备的清洗虽然还相当有限，但客户表示，如果以化学品清洗的效果为100分的话，则其清洗效果在80分左右，而且化学品清洗的生产线在清洗后生产运转时还会发生化学品残留的问题，而使用该清洗机清洗时则不存在这种问题。此外，管壳式热交换机(壳侧)即使采用高压清洗也只能清洗表面，根据客户使用后的反馈，使用本清洗机时则可以清洗管与管之间的缝隙。此外，板式热交换机因为无需分解即可清洗，还可节省密封圈的更换费用。

## 5. 工厂设备的清洗效果案例

### 5-1)管壳式热交换机(卧式)的效果案例

对如Figure2所示的卧式管壳式热交换机进行了清洗。如Figure3所示，清洗前壳侧有红褐色的附着物，可用手指擦除。将清洗机的IN、OUT连接到探孔上，直接进行清洗。清洗过程中，Figure4水箱内有大量吸附物析出，Figure5滤网也很快就被堵塞，可见到有相当多的污垢被剥离。此外，确认Figure6的清洗后的连接口的情形时，该部分可能因为水流汹涌的关系，可以发现污垢被清除地相当彻底。

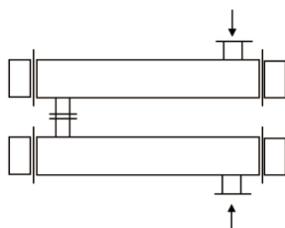


Figure2 热交换机形状



Figure3 清洗前的状态



Figure4 清洗中水箱的状态



Figure5 滤网的状态



Figure6 清洗后的状态

### 5-2)大型管壳式热交换机的效果案例

清洗前如Figure7所示，氧化物将管与管之间堵得几乎毫无缝隙，清洗后如Figure8所示，堵塞物已全部清除。虽然管表面的氧化物尚未被去除，但通过测量运转时的换热，可以发现取得了清洗效果。



Figure7 清洗前的状态



Figure8 清洗后的状态

### 5-3)大型板式热交换机的效果案例

对410张换热板、传热面积391.7m<sup>2</sup>的大型板式热交换机，不进行拆解而是如Figure9所示连接后进行冷水侧50小时/循环水侧70小时的清洗。

结果如Table2所示，循环水流量提升约45%，换热量提升约75%。因为未拆解换热板，因此无需更换密封垫片，这点特别受到客户的关注。

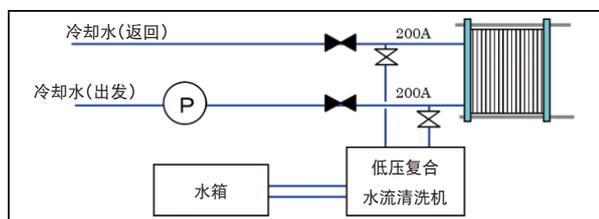


Figure9 连接简图

Table2 大型板式热交换机的清洗前后数值比较

	冷却水温度(°C)			循环水温度(°C)			循环水量 m <sup>3</sup> /hr	换热量 Kcal/hr	热导系数 Kcal/ m <sup>2</sup> ·h·°C
	入侧	出侧	差值	入侧	出侧	差值			
清洗前	28.7	35.3	6.6	47.0	42.3	4.7	150	705000	143
清洗后	27.5	36.0	8.5	45.5	39.8	5.7	216	1231200	290

#### 5-4) 温泉设备小型板式热交换机 Inline 清洗

虽然与工厂设备不同，但温泉设备也使用了板式热交换机，有时也会为堵塞导致的拆解清洗而感到苦恼。有鉴于此，我们在使用inline型(效果低于offline型)清洗机清洗小型板式热交换机时，对换热板进行了打开确认。如Figure10所示，对连接的换热板进行了2小时清洗。

结果，与Figure11的清洗前换热板整体被吸附物覆盖相比，清洗2小时后，如Figure12所示，可以看到换热板约80%左右的表面得到了恢复。由此，换热量和压力损失也得到复原，可以正常运行。

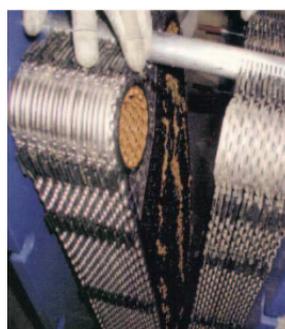


Figure 11 清洗前



Figure 12 清洗后

## 6. 结语 (向工厂设备的业务展开)

此次，我们与日本华尔卡工业一起开始着手进行大型清洗机(NR-2000)的开发，对于以往只能采用化学品、高压清洗法的部位，因无法拆解而不能清洗只得更新设备的部位，使用该清洗机可在板式热交换机、管壳式热交换机(壳侧)的清洗等方面获得不错成效。

此外，在清洗工厂设备时可以预见到流路面积会变大，因此我们认为与在模具进行空穴清洗时相比，2层流体的起泡效果和切换流向时的乱流效果更能发挥清洗能力，故有必要针对清洗效果的物理现象做进一步的研究。

清洗机连接图

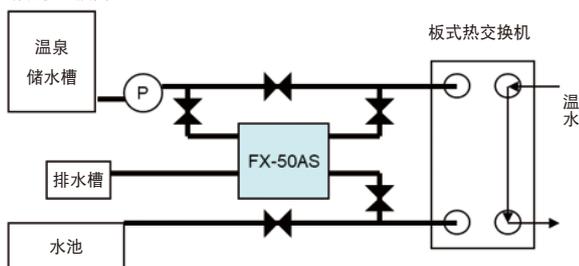


Figure10 清洗机连接图



北川 将

BLUE ENGINEERING 株式会社