

第一部分 工业清洗技术介绍

工业零件清洗—为什么需要清洗？

对于金属零件的加工和制造，几乎所有工业部门都有严格的质量标准。不仅对切削或非切削的加工过程本身有严格的质量规定，而且对零件的清洁度也有很高的要求，因为这是对零件进一步进行储存、加工和装配的重要条件。



制造过程中产生的杂质和污染会影响零件的质量、性能和使用寿命，从而增加生产成本和提高废品率。同时，是否能够生产高清洁度和高质量的产品也是企业竞争优势的一个重要标志。

零件制造是产品喷漆、涂覆和总装等工序的上游工序，由于生产的零件越来越小巧、越来越复杂，这就使得零件清洗工作成为产品质量链中的重要环节。几年前，许多关于清洁度和质量方面的要求还无法满足，而今天已经可以实现了。这一点在汽车制造、航空工程、电子及辅助材料供应等重要行业中表现得尤为突出。

现代的工业零件清洗技术和设备解决方案对实现上述的要求做出了巨大贡献，为当今的制造业实现增值和质量保证的战略创造了条件，有利于遵守环境保护和排放控制法规的要求，实现企业优化成本的目标。

本文是一个系列文章的第一部分，该系列文章将介绍最新的工业零件清洗技术和发展，会在本刊陆续发表。

清洗的任务

工业零件清洗一般包括以下任务：

- 清除颗粒状杂质，如碎屑、研磨和抛光的残留物、模型沙及灰尘等；
- 去除油脂、冷却液（如冷却油或乳化液）、抛光膏、研磨膏或抛光蜡和研磨蜡等；
- 去除毛刺；
- 作为涂覆、喷漆、涂抹黏合剂或热处理加工的预处理；
- 干燥；
- 保护或钝化；
- 脱漆。

清洗的方法

目前工业零件清洗的主要方法是所谓的“湿法化学工艺”，即使用液体介质进行清洗。为了提高清洗效果，往往还采用一些辅助的物理方法。现在，选用水性介质或溶剂介质，采用创新的、为用户定制的清洗系统，已经可以满足各种工业零件清洗的要求了。

目前主要应用的清洗方法有喷淋清洗、浸洗、蒸汽脱脂、射流清洗、高压和超声波清洗、干洗及空气和蒸汽清洗等。为了达到规定的清洁度，经常在一个系统中组合使用不同的清洗方法，有时甚至非如此不可。针对一个给定的任务，为了正确选择清洗的方法，一般需要考虑以下因素：

- 污染物的类型和程度；
- 零件的材质；
- 零件的几何外形；
- 对完工质量的要求和采用的预处理工艺；
- 生产周期及产量；
- 需达到的清洁度等级和后续工序对清洗完零件的要求。

对给定零件的清洗操作是处于“加工过程中”，即位于不同工序之间的清洗，还是作为零件的最后清洗，对清洁度的要求及所需的设备和工艺可能会有很大的不同。

清洗的介质

工业零件清洗通常使用下列介质：

- 水性清洗剂（A）；
- 非卤代烃（NH）；
- 氯代烃（CHC），如三氯乙烯、四氯乙烯；
- 极性溶剂（P）；
- 特殊介质，如二氧化碳、等离子体；
- 软化水。

如何选择合适的清洗工艺和介质

在湿法化学工艺中，清洗的效果基本上取决于清洗介质的溶解能力。目前经常使用的是水基清洗剂和溶剂。在使用溶剂时，通常会使用非卤代烃（NH）、氯代烃（CHC）或极性溶剂。

清洗的效率也主要取决于是否选择了合适的清洗介质，这里适用“同性相溶”的原则。经验表明，错误地选择清洗介质将会严重影响最终的质量、成本和工艺的稳定性。所以，如果采用水基清洗剂清洗非常油污的零件不但会降低清洗槽的寿命，增加加工成本，还可能影响零件表面的质量。但是，水基清洗剂却最适合于清洗乳化液污染的零件。

喷淋清洗主要用于清洗具有较大平坦表面的大型零件。清洗介质通常是水基的，通过一个喷嘴系统在高流速或高压下对零件表面进行清洗。喷淋清洗的质量取决于喷嘴的外形、分布，以及选用的压力。为确保零件的各表面清洗效果一致，在清洗过程中往往会移动零件和喷嘴。喷淋清洗一般在加工过程中间进行，也可以用于定向清洗，如只清洗某个孔洞。

对于具有复杂几何外形的零件，如盲孔或凹槽，则主要采用**浸没工艺**清洗。为了提高清洗的效果，零件往往在清洗槽中进行回旋或旋转运动。零件运动的形式和清洗槽的结构对清洗效果具有很重要的影响。

高压流清洗，也称**射流清洗**，通常与浸没工艺结合应用。此时清洗介质在清洗槽液面以下以高速流入工作区域，清洗介质所产生的强大液流和涡流将能够提高清洗和冲洗的效果。这种工艺特别适用于清洗盲孔和螺孔。



图 1: Dürr EcoClean 公司的 EcoCFlex 清洗系统能够完成多种清洗工艺。前部的中间是射流清洗槽，在后面可以看到高压单元。

当清洗被研磨膏或抛光膏污染的零件时，或清洗有盲孔及复杂几何外形的零件时，对清洗的要求将是最高，此时可以采用**超声波**清洗工艺来帮助进行机械清洗。超声波直接对准零件表面以去除杂质，尤其是黏性的杂质。

蒸汽除油主要适用于去除零件表面的油污和油脂。清洗介质实际上是一种由非卤代烃或卤代烃溶媒组成的蒸汽，这种蒸汽具有非常良好的脱脂性能。蒸汽脱脂工艺往往应用在各种下游工序之前，如在喷漆、涂层、使用黏合剂之前应用。出于环境及健康保护的原因，采用蒸汽脱脂工艺应优先选用闭路设备的方案，这样能减少溶剂蒸汽向周围大气的排放。

采用**干洗（吹风）法**可以低成本地对零件进行处理。清洗介质就是压缩空气，由清洗设备制备压缩空气，并经过适当的调理后循环使用。这种方法经常用于去除碎片杂质或干燥零件。

对零件的**彻底干燥**通常是清洗过程中最后一步，也是至关重要的一步，这样可以防止腐蚀，这对于具有复杂几何外形的零件尤为重要。一般采用热风干燥或真空干燥，特殊情况下使用红外线干燥。

除上述的清洗工艺以外，还有一些特殊的工艺能去除特殊类型的污染，满足特殊的要求。例如：

二氧化碳喷雪清洗，其清洗介质由液态二氧化碳组成。所产生的二氧化碳雪通过化学、热力及机械的综合作用，能很好地去除零件表面膜状的或固态的杂质，几乎无残留。

干冰喷射工艺使用冰丸而不是液态二氧化碳作为清洗介质。

在**等离子体清洗**中，使用不同的反应气体来去除有机污染物的薄层。

清洗的设备

市场上的工业零件清洗设备和系统分单腔和多腔式配置，可以作为连续的清洗线。所有的设备都可以与机器人组合应用。

单腔系统有一个封闭的工作腔。待清洗的零件放在托盘或篮子里送入工作腔。工作腔充入清洗液和漂洗液，连续进行清洗。必要时还可以加入适当的防腐剂或钝化剂。

设备如果配备一些辅助的清洗功能，如超声波清洗或高压流清洗，则能更好地实现所需的机械清洗的效果。同样，在封闭工作腔中也可以设置干燥程序，如真空干燥。在进一步优化的方案中，清洗介质在清洗过程中和给液及排液过程中都会经过旁通过滤。单腔系统除了采用水基清洗外，原则上也可以采用溶剂进行清洗。

多腔系统具有丰富的功能，因为它可以把几种清洗处理过程组合在一起工作。在这种系统中，用小车或步进式输送装置将待清洗的零件运送到各个浸洗槽中。这种系统的一个突出优势是它的高吞吐能力，因为在不同的清洗槽中可以同时清洗几批零件。但是，考虑到溶剂蒸汽排放对环境产生的影响，这种开放式系统不适用于溶剂型清洗，一般只能用于水基清洗。

带式输送机系统通常应用在喷淋清洗装置中，其结构要适应待清洗零件的几何外形。根据选用间歇式（分度法）或连续式不同的传送形式，其具体的应用方式也各不相同。

步进连续式输送系统是能够完成严苛清洗任务的一种解决方案，这种方案通常应用于高压流清洗与高压定向清洗相结合的工艺中。在大批量汽车生产中，往往采用这种方案清洗发动机和传动系统的零部件。



图 2: Dürr EcoClean 公司生产从小型单腔清洗设备到多腔清洗系统的各种装置，为用户的任何清洗问题提供相应的解决方案。

为了更好地完成清洗任务，我们往往选用**机器人**。在多数情况下，被称为“机器人单元”的装置通过机械手在清洗过程中传送零件。也可能机器人带有喷嘴、喷枪或其它工具（如用于去除毛刺），以完成特定的清洗工作。所以机器人往往成为连续清洗系统中不可分割的一部分。

为了尽量降低功耗和减少介质的损失，先进的湿法化学清洗系统往往采用闭环设计，使清洗介质通过内置式蒸馏系统循环使用。

闭环设计给使用溶剂的清洗设备带来很多优点，通过认真选择工艺方案和选用高质量的元件配置，能够在符合安全、健康及环保规范的前提下，保证最佳的清洗质量、提高设备利用率和降低成本。这样就能优化成本结构，避免不合格品的产生，提高企业的竞争能力。



Ecoclean

Dipl- Ing. Rainer Straub, Dürr Ecoclean GmbH

联系人:

Mangesh Agarwal 总经理, Dürr Ecoclean India (印度)

Schenck RoTec India Ltd
105, B - Wing, First Floor, Shankar Parvati Chambers
Dhole Patil Road
Pune 411 001
India
电话: +9120 30585001
E-Mail: mangesh.agarwal@ecoclean.durr.com
网址: <http://www.durr-ecoclean.com>

下期: IPF 七月版

工业清洗技术—水基清洗技术