

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2021.12.008

智能环保自动化—电镀表面处理设备制造业的现状与展望

石峰, 丁金友, 匡泓, 虞敏健, 匡优新*
(无锡星亿智能环保装备股份有限公司, 江苏 无锡 214153)

摘要: 本文主要介绍了电镀表面处理设备制造业的现状, 分析和探讨了电镀生产线在智能、环保和自动化控制上的一些技术与成果, 并展望了电镀表面处理设备的未来发展方向。

关键词: 表面处理设备; 智能化; 环保化; 自动化

Intelligent Environmental Protection Automation: Current Situation and Prospect of Electroplating Surface Treatment Equipment Manufacturing Industry

SHI Feng, DING Jinyou, KUANG Hong, YU Minjian, KUANG Youxin*
(Wuxi Xingyi Intelligent Environmental Protection Equipment Co., Ltd., Wuxi 214153, China)

Abstract: This paper mainly introduces the status quo of electroplating surface treatment equipment manufacturing industry, analyzes and discusses some technology and achievements of electroplating production line in intelligence, environmental protection and automatic control, and looks forward to the future development direction of electroplating surface treatment equipment.

Keywords: surface treatment equipment; intelligent; environmental protection; automation

电镀技术在表面处理技术中有着重要的代表性, 在国民经济建设中有着举足轻重的地位, 是制造业在生产过程中不可缺少的重要组成部分。随着电镀加工需求和产业规模的增长, 电镀生产过程中产污环节的管控、复杂零件的电镀过程控制、新工艺的应用及操作人员的技能提升状况等制约着电镀技术的应用, 亟待通过设备功能的数字化、智能化、信息化集成变革, 以达到高效量产、低能耗、低成本、减少人为影响因素的柔性生产控制的目标。

1 电镀表面处理设备的智能化制造

电镀设备制造业的发展经历了手工制作、流水

线制造、自动化制造、柔性自动化和集成化制造、并行规划设计及敏捷化制造等阶段^[1]。

智能化表面处理生产线是将现代智能化技术用于现代化电镀设备制造业, 将传统表面处理工艺设备制造技术应用先进的工具方法和最新研究成果, 融合、开发再利用促使电镀生产设备制造实现敏捷生产。

电镀流水生产线通常由行车、机架、槽体、导电、通风、管路及辅助设备构成。生产线的制造就是将诸多部件有机组合的设计、制造、安装及调试的全过程。

传统电镀生产线零部件的设计通常由人工完

收稿日期: 2021-10-28

修回日期: 2021-11-8

第一作者: 石峰, 主要从事电镀表面处理及废气废水设备的设计、研发工作, 邮箱 shifeng@xenyi.com

通信作者: 匡优新, 主要从事智能环保表面处理设备研发、设计、制造、安装和调试工作。邮箱 xenyi@xenyi.com

成,由于其组成复杂、零部件众多,通常会存在大量设计验证纠错,或与客户实际需求参数选型偏差,导致大量现场安装更改;制造过程中存在派工单下达、生产周期安排、生产工艺编制、成品检验出厂等诸多环节,各时间节点的冲突及工艺随设计变更的重复修改等过程都会造成产品交付周期的延迟和人工与材料成本的增加^[2],造成资源浪费。因此,采用智能化系统应用于电镀生产线设备的设计制造全过程,显得迫在眉睫。

1.1 智能设计

电镀生产线零部件参数化设计系统,采用虚拟样机技术、参数化设计模块,解决了大规模、多种类零部件的电镀生产线设计周期长、设计结果因人而异的问题,将电镀零部件设计中的重复性工作提取出来,封装为数个模块。如图1所示,设计人员只需输入驱动尺寸,便可科学、快速地求得机架、槽体、管系等零部件的最佳结构。适用于电镀生产线的方案论证、产前优化,减少与客户沟通之间的错漏。实现快速设计、指导设备制造生产,同时进行设备结构与工艺仿真、现场安装碰撞验证等工作(图2)。可提高设计效率90%,缩短研发周期约40%。

1.2 智能化生产制造管理

在设备的制造过程中,通过PDM系统的实施,



图1 电镀生产线机架与槽体设计及仿真软件

Fig.1 Design and simulation software of frame and tank of electroplating production line

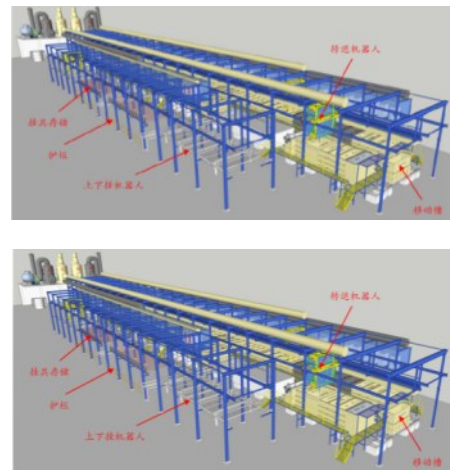


图2 电镀自动生产线整线虚拟设计效果

Fig.2 Virtual design effect of the whole electroplating automatic production line

可促进产品数据的标准化,改进电镀设备制造工厂的生产流程,优化控制产品生产和开发过程,降低产品生产研发成本^[3]。

PDM系统文档管理可实现文档管理、项目管理和BOM管理功能。在PDM系统中,各部门可根据项目分类,将设备制造中周期中的相关文档上传,技术人员则将材料BOM清单和图纸一起上传至项目管理文件,系统统一进行存储、访问、标记和发放。

PDM系统零部件管理可以实现产品结构管理、零部件管理、数据接口与集成和报表数据管理。PDM系统可通过树状结构对产品各零部件的结构与属性进行管理,把产品的设计、采购、加工制作等工程数据与对应的零部件之间建立起直接联系,定制企业产品标准数据接口,避免信息孤岛,同时可将数据按照预定格式输出到EXCEL中,快速形成用户需要的数据信息。

采用ERP管理系统可协助生产制造型企业建立一个以计划为核心的制造物流管理和计划管理体系,建立一个采购管理、委外管理、库存管理到财务管理模块等实现全面的系统集成,实现有效地成本控制机制。

自动化立体仓库是由高层立体货架、有轨巷道堆垛机、仓库控制系统(WCS)、仓库管理系统(WMS)、PDA手持设备控制系统以及其他辅助设备(托盘、入库台、出库台等)组成的智能化存储系统。实现设备零部件的入库、出库、盘点、查询、等业

务的全程信息化,提高设备生产管理水平和工作效率,减少仓储管理成本;同时通过整合仓储管理各个环节,消除“信息孤岛”,减少沟通成本,实现资源的有效配置。



图3 电镀设备零部件自动化立体仓库

Fig.3 Automatic three-dimensional warehouse for electroplating equipment parts

AGV管理系统可实现自动化立体仓库和产线质检的货盘自动输送和可追溯性管理,配合生产线自动化设备,最大程度减少库房内部人员需求或实现无人化操作。

2 电镀表面处理设备的智能环保自动化设计与应用

我国电镀企业分布广泛,30%在机械制造业,20%在轻工业,20%在电子电气工业,其余分布在航空、航天及仪器仪表等行业。除了少部分国有大型企业、三资企业及新建的正规专业电镀厂拥有国际先进水平的工艺设施,大多数中小型企业仍然使用简陋而陈旧的设备,操作方式以手工操作为主^[4]。我国电镀行业在污染问题上存在的主要问题包括:

- 1) 电镀污染治理水平低,有效治理率低。
- 2) 经营粗放,原材料利用率低。

近年来,电镀企业从实际出发,积极开发和推广低浓度、低污染的电镀工艺、多级逆流漂洗工艺,电镀槽(废)液的线边净化与回收技术,消除和减少污染的产生,应用智能环保自动化设计技术开展电镀表面处理设备的设计制造研究。

2.1 镀液净化技术

电镀过程中,槽液内会不断产生沉淀物或杂质,如不能及时去除,将严重影响电镀质量。

传统的镀液净化包括定期倒槽或连续过滤。对于脱脂、酸洗等清洁度要求不高的溶液,常常采用倒

槽过滤方式。但是倒槽过滤的溶液总是呈现较大的周期性波动。而连续过滤则可以将溶液与过滤机用管路连在一起,构成一个闭路循环,可将镀液中的固体杂质不停的滤去,使镀液质量始终保持在比较理想的水平。

对于镀液中的可溶性杂质,可根据镀液特性,设计离子交换处理装置,装置内的离子交换树脂可对镀液中的杂质进行选择性吸附。

2.2 在线节水技术

镀件清洗是电镀工艺中的重要环节之一,清洗质量的好坏对于电镀工艺的稳定性 and 电镀产品的外观、耐腐蚀性等有着重大的影响。盲目减少清洗用水量,可能会造成电镀过程的质量缺陷。因此,有效的清洗应该是使用最少的水量得到高质量的镀层。但不少电镀生产线为了达到清洗质量,往往使用大量的流动水清洗,即使没有镀件,清洗槽内的水也照常流,造成水资源的大量浪费,同时使产生的废水量大增,人为增加废水处理经济成本。

应用PLC智能自动控制喷淋起止时间的多级逆流喷淋漂洗,可大量减少清洗水量。此外,还可通过中继槽与电镀清洗水在线蒸发回收系统相连接,可使第一级空槽或清洗槽内的水实现药剂与水的分离,分别回收,实现循环利用。

2.3 酸洗废气回收技术

酸洗是电镀前处理的一道重要工序,工作中挥发的酸液进入空气中凝结形成细小的雾滴;酸洗中发生化学反应形成大量气泡,上浮至液面后也会带出酸性液滴,就产生了大量的酸洗废气。

国内外对酸洗废气大多采用碱液喷淋吸收法处理,在喷淋塔中向酸性废气进行碱液喷淋吸收,从而达到使废气净化最终可达标排放的目的。这种方法可以较彻底地处理酸洗废气中的酸性成分,但也存在以下缺点:(1)喷淋水及药剂碱的消耗量非常大;(2)易产生二次污染。通常为了保证废气的净化效果,会采取过量碱液喷淋,因此喷淋吸收后的液体一般会偏碱性,仍需进一步对产生的废水进行处理;(3)失去回收再利用价值。采用碱液喷淋吸收,采用碱液中和反应后,酸液失去回收再利用的价值;(4)需设立废气排气筒。

应用“盐酸酸洗废气循环回收利用技术”^[5],逆流提浓酸洗废气中的酸雾,形成稀酸,回用于酸洗槽,净化后的废气回用于生产线送风,并与排风系统

构成闭路循环,气液组分均实现零排放。整个过程不添加额外的化学试剂,不改变回收酸液的化学性质,得到较高浓度的符合酸洗生产线要求的酸,直接补充到原酸洗槽。没有废水产生,有效减轻污水处理设施的负担。净化处理后的气相,回用于生产线送风,并与排风系统构成闭路循环,无排放,无需设置排气筒。

3 电镀表面处理设备的自动化设计与应用

电镀生产线是指按一定的电镀生产工艺要求,将有关的各种工作槽、电镀行车运动装置、电源设备、循环过滤装置、检测仪器、加热装置、空气搅拌装置、供水排水、废气收集及废水废气处理装置等组合,是一个由控制系统协调控制的完整系统。采用先进的DCS(分布式控制系统)、变频技术、电镀机器人等,将生产监控系统和信息管理系统融入电镀生产线设计制造过程中。

3.1 机器人技术

电镀机器人包括上下挂机器人和工序间转运机器人,适应于镀件大批量、高精度及作业环境恶劣等工况,是目标产品柔性生产自动化水平的高效体现。

上下挂机器人解决了柔性制造与生产效率间的矛盾。工序间转运机器人一机多能,高效安全。

3.2 固定程序与柔性程序

根据不同客户生产线产品特点,可设计对应的固定程序或柔性程序。前者可根据客户提供的工艺参数,设计一套或者几套固定行车行走路线的程序,行车周而复始的按照指定路线行走。其特点是:各个工位的工艺时间稳定,生产效率高,而且在生产工艺允许的条件下,可以由产品工艺参数控制行车在不同程序间自动切换,不需要人工干预。而柔性程序则可以由客户可自定义编辑电镀工艺流程,任意指定产品需要的加工工位和在各个工位的工艺时间、工作电流、物料添加等工艺要求,产品进入生产线就会按照设定的工位和工艺参数加工,行车没有固定的行走路线,完全根据产品加工需求自由调度,特别适合多种工艺产品混合共线生产的情况^[6]。

3.3 生产监控系统

电镀生产线监控系统包括:行车监控系统、温控系统、整流器控制系统、液位、喷淋、自动调整加料及辅助设备等的监控系统。可实现动态显示生产线实际运行状态、DCS集散参数控制与管理、整流器的

本地或集中控制与自检维护等功能。

3.4 信息管理系统

利用电子标签系统实现产品可追溯。电镀产品进入生产线,系统会自动给当前产品分配一个唯一生产序号,通过该序号可以实现产品追踪,通过产品代码即可自动获取整个加工过程所需要的工艺参数,可实现每个产品的生产记录追踪。生产线上生产的所有产品都有完整的电子履历,可以查询到产品经过的各个工位的处理时间,工艺参数(温度、PH、电流、电压)等参数,数据保存在生产数据库,以备永久查询。

定制各类生产报表。产能分析与设备OEM:根据设备设计产能及实际产能利用率等数据,生成设备产能利用率报表。各类产品产量报表:汇总任意时间段范围的各产品产量,生成飞巴数等信息。报警分析报表:设备报警记录汇总分析,各类报警发生频次等,为设备制定维护保养计划提供数据支撑。物料消耗报表:根据安培小时等参数折算电镀线金属消耗等原材料消耗、水电气消耗报表,方便进行成本核算。维护保养报表:制定设备维护保养计划,如换水计划,加药计划等,设定保养项目到了该维护保养时报警提醒。

4 总结与展望

近年来,我国电镀工业发展变化很大,但是,与发达国家相比还是存在很大的差距,传统的表面处理设备制造行业建立起完善的智能环保自动化系统,成为企业转型的重点。随着对电镀表面处理设备的要求不断提高^[7],研发和开展智能化、环保化和自动化的电镀生产线,实现传统电镀设备的转型升级势在必行。

参考文献

- [1] 韩权利,赵万华,丁玉成.未来制造业模式——智能制造[J].机械工程师,2002(1):26-28
Han Q L, Zhao W H, Ding Y C. Future manufacturing mode — intelligent manufacturing[J]. Mechanical Engineer, 2002(1): 26-28(in Chinese).
- [2] 王殿,郝鹏飞.智能系统在电镀生产线制造的应用[J].电子工业专用设备,2015,44(9):22-27.
Wang D, Hao P F. The application of intelligent system in electroplating production line[J]. Equipment for Elec-

- tronic Products Manufacturing, 2015, 44(9): 22-27(in Chinese).
- [3] 赵慧艳. PDM在生产制造型企业的实施与应用[J]. 机电产品开发与创新, 2018, 31(2): 80-82.
Zhao H Y. Implementation and application of PDM in manufacturing enterprises[J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2018, 31(2): 80-82(in Chinese).
- [4] 胡如南,张立茗. 我国电镀工艺环保现状及其发展建议[J]. 材料保护, 2000, 33(1): 46-50.
Hu R N, Zhang L M. Present situation of electroplating and environment protection in China[J]. Journal of Materials Protection, 2000, 33(1): 46-50 (in Chinese).
- [5] 匡优新. 盐酸酸洗废气循环回收利用的方法:中国, CN200910033915.1[P]. 2009-11-04.
Kuang Y X. Recycling Method of Hydrochloric Acid Pickling Waste Gas: China, CN200910033915.1[P]. 2009-11-04 (in Chinese).
- [6] 丁金友,刘飞,基于模糊智能的电镀生产线行车调度系统[J]. 合肥工业大学学报,2009, 32(11): 1696-1699.
Ding J Y, Liu F. Scheduling system of electroplating traveling crane based on fuzzy intelligence[J]. Journal of Heifei University of Technology (Natrual Science), 2009, 32 (11): 1696-1699 (in Chinese).
- [7] 中华人民共和国工业和信息化部. HBJ/T2—2017 航空工业电镀及阳极化车间设计规程[S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2017.
Ministry of industry and information technology of the people's Republic of China. HBJ/T2—2017 Code for Design of Electroplating and Anodizing Workshop in Aviation Industry[S]. Beijing: Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, 2017 (in Chinese).