

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2021.12.012

## 全自动高速旋转电镀机的设计

朱 俊\*, 唐静, 岳东海

(常州信息职业技术学院智能装备学院, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 设计了一种专门用于电子元器件等小零件电镀的全自动高速旋转电镀机, 主要由电镀旋转筒、旋转筒驱动电机、镀液循环系统、电镀整流电源、阳极、阴极给电环等组成。控制系统主要由三菱Q系列PLC、CC-link 通讯模块、输入模块、输出模块、变频器、电磁阀及液位传感器、触摸屏等组成。运行结果表明: 该电镀机与传统的电镀设备相比, 具有镀层沉积速度快、电镀均匀一致性好、污染少等多项优点, 具有很高的实用价值与市场应用前景。

**关键词:** 电镀机; 电子元器件电镀; 电镀工艺; 三菱Q系列PLC

中图分类号: TP273

文献标识码: A

## Design of Automatic High-Speed Rotary Electroplating Machine

ZHU Jun\*, TANG Jing, YUE Donghai

(Department of Intelligent Equipment, Changzhou College of Information Technology, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** A full-automatic high-speed rotary electroplating machine for electroplating small parts such as electronic components was designed, which was mainly composed of electroplating rotary cylinder, rotary cylinder drive motor, plating solution circulation system, electroplating rectifier power supply, anode and cathode power supply ring. The control system was mainly composed of Mitsubishi Q series PLC, CC-link communication module, input module, output module, frequency converter, solenoid valve, liquid level sensor, touch screen, etc. The operation results show that compared with the traditional electroplating equipment, the electroplating machine has many advantages, such as fast coating deposition speed, good electroplating uniformity and less pollution. It has high practical value and market application prospect.

**Keywords:** electroplating machine; electronic components plating; electroplating process; Mitsubishi Q series PLC

随着电子整机产品向小、轻、薄的方向发展, 制造电子整机产品所需的电子元器件如电阻、接插件等也在急速发展。在这些电子元器件的制造过程中, 电镀作为赋予元件表层功能性的最后环节至关重要<sup>[1]</sup>。片式电子元器件两端覆盖有烧结形成的

银, 为了使得电子元器件具有良好的可焊性和耐焊性, 要求电镀时在银的表面镀锡, 但银与锡金属相互腐蚀, 有必要在银与锡之间建立一层“隔离层”, 这层镀层为镍金属, 所以电子元器件需要先镀镍再镀锡<sup>[2]</sup>。本文所开发的电镀机能实现在一个旋转筒内

收稿日期: 2019-12-27

修回日期: 2020-01-29

作者简介: 朱俊(1979—), 男, 本科(硕士), 副教授/高工, 8040149@qq.com.

基金项目: 常州信息职业技术学院自然科学课题(CXZK201703Y); 常州市应用基础研究计划(CJ20210037); 常州信息职业技术学院2018年度校级科研平台(KYPT201801G).

按照先后顺序镀上不同的金属镀层,且不会相互掺杂。PLC 控制,触摸屏显示,全自动电镀,一键完成所有电镀过程,正常情况不需要人为干预。

## 1 整体设计

### 1.1 整体结构

全自动高速旋转电镀机采用立式结构,如图 1 所示。

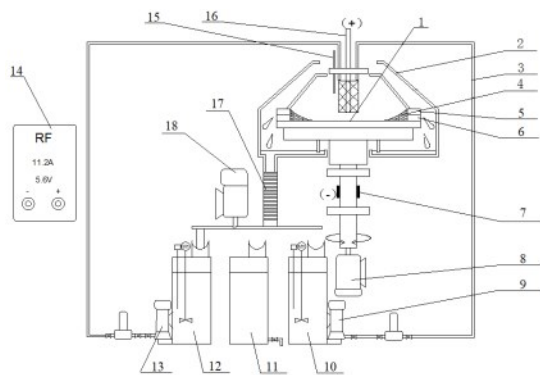


图1 全自动高速旋转电镀机的整体结构

Fig.1 Overall structure of automatic high-speed rotary electroplating machine

颗粒状的被镀电子元器件 4 置于电镀旋转筒 1 的底部,为增强导电性需掺入一定比例的导电球,旋转筒驱动电机 8 驱动旋转筒高速旋转,通过电机的急停、急转使得被镀的电子元器件反复崩塌搅拌,保证电镀的均匀一致<sup>[3]</sup>。为保证电镀流程封闭,设计有旋转筒外罩 2,气缸控制开合。电镀整流电源 14 的负极通过电刷 7 连接至旋转筒中安装的阴极给电环 5,电镀整流电源的正极连接阳极 16。电镀 Ni 层时,通过摆动气缸插入 Ni 阳极臂。电镀 Sn 层时,通过摆动气缸插入 Sn 阳极臂。为保证在同一个旋转筒中,按照先后顺序镀上不同的金属镀层,电镀机设计有 Sn 镀液循环槽 12、Ni 镀液循环槽 10,液位传感器 15 实时监测旋转筒中的液位,当液位过低时,启动镀液循环泵 9 或 13,通过管路 3 将镀液从镀液循环槽 12、10 输送至旋转筒,从而在阳极臂、被镀物和阴极给电环之间形成了电镀回路。旋转筒的高速旋转将电镀液从排液过滤环 6 中甩出,最终通过排液管 17 收集在相应的镀液循环槽中,实现镀液的循环利用。电镀机还设计有排水槽 11 供排水使用。排液切换电机 18 负责将排液管插入 Sn 镀液循环槽 12、Ni 镀液循环槽 10 和排水槽 11 三者中的一个。

### 1.2 电镀工艺设计

为保证 Ni 离子与 Sn 离子在同一个旋转筒中电镀不掺杂,需要通过严密的电镀工艺设计来实现,如图 2 所示,电镀工艺流程包括水洗、镀 Ni、镀 Sn 三种,所谓“流程”指的是一系列包含电镀旋转筒转向、转速、加减速时间参数设置以及各种电磁阀、气控液阀动作还有电镀整流电源电流大小、电量积算值等各种参数设定的组合<sup>[4]</sup>。

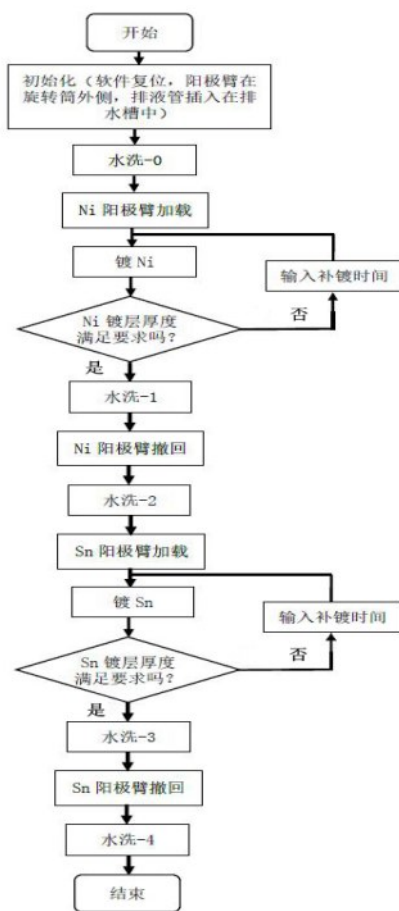


图2 电镀工艺流程图

Fig.2 Electroplating process flow chart

在镀 Ni(Sn)前后都设计有水洗流程,但流程工艺参数不同,可以由用户根据电镀零件的类别分别设定。“补镀”是指电镀过程中,抽样电镀零件,使用 X-射线荧光测厚仪检测镀层厚度,决定是否需要加镀<sup>[5]</sup>。

由于水洗、镀 Ni 和镀 Sn 三种工艺流程部分环节是相同的,每一种子流程的流程工艺参数都可以根据被电镀电子元器件的类别分别设定。

## 2 控制系统设计

### 2.1 控制系统硬件设计

首先是控制系统类型选择,由图2的控制要求可知,本电镀机为典型的时序控制系统,未涉及大量的数据处理和运算,综合考虑系统可靠性,选择可编程逻辑控制器(PLC)作为本项目的控制系统<sup>[6]</sup>。

由于本项目涉及到较多的气缸电磁阀、气控液阀,还有气缸到位接近开关,Sn镀液循环槽和Ni镀液循环槽的液位开关,I/O点较多,因此采用中大型的模块化PLC,本项目使用的是三菱Q系列PLC,CPU模块选用的是Q02UCPU。电气控制板如图3所示,控制系统选型结果如表1所示。CC-link总线连接框图如图4所示。

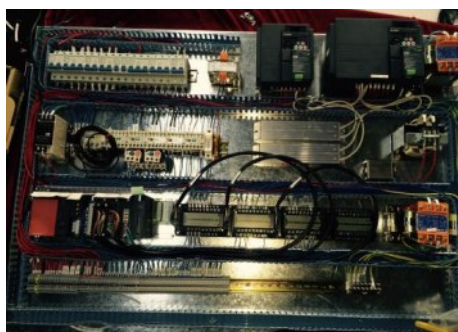


图3 电气控制板

Fig.3 Electrical control panel

表1 控制系统选型结果

Tab.1 Selection results of control system

序号	名称	型号	数量
1	CPU 模块	Q02UCPU	1
2	CC-link 通讯模块	QJ61BT11N	1
3	温度输入模块	Q64RD	1
4	编码器	E6B2-CWZ6C(10P/R)	1
5	高速计数模块	QD62	1
6	输入模块	QX42	1
7	输出模块	QY42P	1
8	旋转筒驱动电机变频器	FR-E740-5.5K	1
9	排液切换电机的变频器	FR-E720S-0.1K	1
10	CC-link 远程 I/O 站	EX122-SMJ1	2
11	触摸屏	GOT1585-STBA	1

### 2.2 控制系统软件设计

#### 2.2.1 CC-link 总线参数设置

利用 GX Works2 编程软件进行 PLC 程序编写前,首先进行 CC-link 总线参数的设置。参数设置内容与 CC-link 总线主站与从站间传输的字节多少以

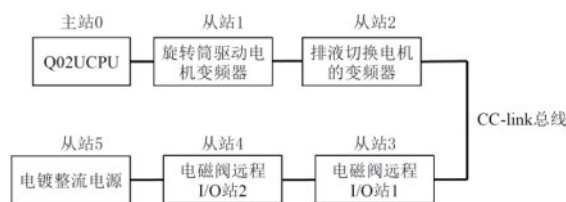


图4 CC-link 总线连接框图

Fig.4 CC link bus connection block diagram

及从站类型相关,主站给从站发送的数据包括工艺参数设定以及对于从站的控制指令<sup>[8]</sup>。最终设定的 CC-link 总线参数设置如图5所示。

站号/站名	站类型	扩展源环	占用站数	远端站	地址/无站
1/1	主站/主站	1/1	1站	1站	无站
2/2	从站/从站	1/1	1站	2站	无站
3/3	从站/从站	1/1	1站	3站	无站
4/4	从站/从站	1/1	1站	4站	无站
5/5	从站/从站	1/1	1站	5站	无站

图5 CC-link 总线参数设置

Fig.5 CC-link bus parameter setting

#### 2.2.2 旋转筒驱动电机变频器参数设置

旋转筒驱动电机承载被镀电子元器件高速旋转,通过 RH、RM、RL 信号完成 1~7 七段速的选择,RT 信号完成 1~2 加减速时间的选择,这些信号由主站 CPU 通过 CC-link 总线下达。具体参数设定如表2所示。

表2 旋转筒驱动电机变频器参数

Tab.2 Frequency converter parameters of rotating drum drive motor

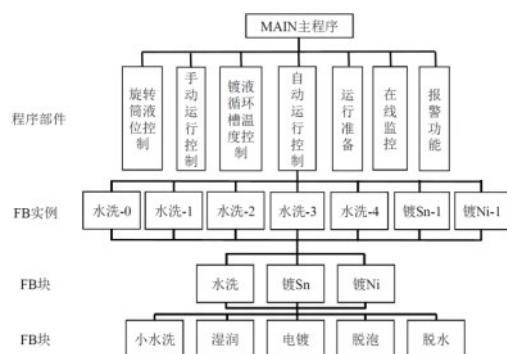
序号	参数号	设定值	备注
1	Pr.542	1	CC-link 站号
2	Pr.543	4	通讯速率10Mbps
3	Pr.544	1	占用1站
4	Pr.550	9999	CC-link 通讯模块
5	Pr.340 Pr.79	1 2	网络运行模式
6	Pr.338 Pr.339	0 0	RH、RM、RL、RT 信号来自于 CC-link
7	Pr.342	0	写入至变频器 EEPROM

#### 2.2.3 PLC 程序的总体结构设计

本项目涉及的电镀机控制功能复杂,湿润、小水洗、脱泡、脱水、电镀子流程组合成水洗、镀 Ni、镀 Sn 工艺流程,5 个子流程需要被反复调用,但工艺参数不同,适合采用结构化编程的方法<sup>[9]</sup>,程序总体结构设计如图6所示。

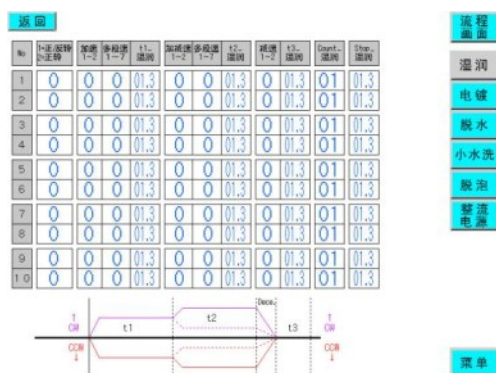
#### 2.2.4 PLC 与触摸屏的接口

本电镀机配置了 12.1 英寸的大屏触摸屏,方便



**Fig.6 Overall structure of PLC program of electroplating machine**

用户配置各工艺流程、各工艺子流程的参数,以适应不同类别不同规格的电子元器件的电镀,触摸屏湿润子流程工艺参数输入画面如图7所示。

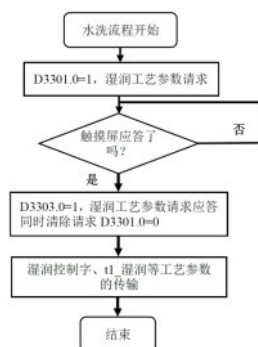


**Fig.7** Process parameter input screen of wet sub process

大量的工艺参数存放在触摸屏变量中,每个工艺子流程都可以配置10组参数,使用1-10进行编号,即图7中的“N0”列的数字,用户配置某种电子元器件的电镀参数时,直接选择参数号即可,这样电镀相同电子元器件时,参数设置可以重复使用。PLC程序运行时,需要根据用户选择的参数号,将触摸屏变量中存放的参数值传输至PLC变量,PLC变量作为FB块的输入,最终通过CC-link总线下发指令至变频器、电镀电源等完成工艺参数的执行。

以下以水洗FB块中湿润FB块的调用为例,详解湿润工艺参数的传输流程,如图8所示。各软元件的分配如表3所示。

PLC 程序和触摸屏脚本之间通过 D3301.0 请求标志位、D3303.0 应答标志位完成了握手对接, 触摸屏脚本将图 7 中用户配置参数号所对应的 t1 湿润、



**Fig.8 Transmission process chart of wet process parameters**

表3 软元件分配

**Tab.3 Soft component allocation**

序号	软件件地址	功能
1	D3301.0	湿润工艺参数请求
2	D3303.0	湿润工艺参数请求应答
3	D2501	湿润控制字
4	D3100	t1_湿润
5	D3102	t2_湿润
6	D3104	t3_湿润
7	D3106	Count_湿润
8	D3108	STOP_湿润
9	M126	湿润启动信号

t2\_湿润、t3\_湿润等工艺参数赋值给表3中所对应的软元件,完成了工艺参数的传输。如图9所示为工艺参数传输PLC程序。

触摸屏脚本部分内容如下:

$$[w; \text{TMP50}] = 0;$$

```

[w;TMP51]=0;

```

参数号存放在 TMP50 中

```
if( ([b:d3300.b0]==1) && ([b:d3301.b0]==
1)) { [w:TMP50]=[w:gd1050]; }
```

### 触摸屏收到湿润工艺参数请求

```
if(( [w:TMP50]>=1)&&([w:TMP50]<=10)) {
    [w:TMP51]=([w:TMP50]-1)*11;
```

```
    bmov ( [w: GD1100 [w: TMP51] ] , [w:
GD300],11);
```

### 每组湿润工艺参数首地址计算

$$[w:d3100]=[w:gd303]:$$
$$[w:d3102]=[w:gd306];$$
$$[w:d3104]=[w:gd308];$$



```

[w:d3106]=[w:gd309];
[w:d3108]=[w:gd310];
将触摸屏变量传输至 PLC 变量
if(( [b:d3300.b0]==1)&&([b:d3301.b0]==1))
{rst([b:d3300.b0]);rst([b:d3301.b0]);set([b:
d3302.b0]);set([b:d3303.b0]);}
清除请求

```

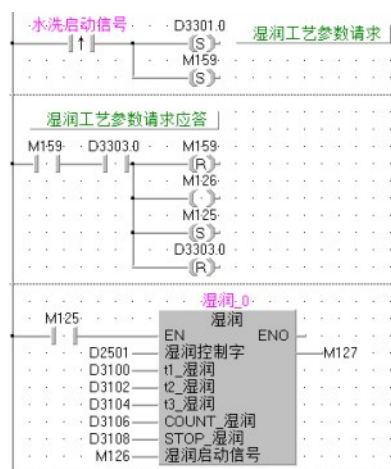


图9 工艺参数传输PLC程序

Fig.9 Transmission PLC program for process parameter

### 3 结语

本项目研发的电镀机经工程实际应用,与传统滚镀方式相比性能指标优势明显<sup>[10]</sup>。

实践证明,全自动高速旋转电镀机效率高、电镀均匀一致性好、对环境更为友好,具有广阔的市场应用前景。未来可通过搬运小车连接自动干燥装置组成被镀电子元器件的自动上下料系统,将进一步提高本电镀机的自动化程度和生产效率,必将产生更大的经济效益。

### 参考文献

- [1] 李刚,李青. 电子元件与电镀技术[J]. 电子工业专用设备, 1999, 28(2):35-36.  
Li G, Li Q. Electronic components and electroplating technology[J]. Equipment for Electronic Products Manufacturing, 1999, 28(2): 35-36(in Chinese).
- [2] 侯进, 侯庆军. 振动电镀及其在电子工业中的应用[J]. 电镀与精饰, 2002, 24(4):18-19.  
Hou J, Hou Q J. Vibration electroplating and its application in electronic industry[J]. Plating and Finishing, 2002, 24(4): 18-19(in Chinese).
- [3] 张勇强, 蒋维刚. 接插件微孔深孔电镀工艺技术[J]. 电镀与涂饰, 2015, 34(4): 189-190.  
Zhang Y Q, Jiang W G. Electroplating of connectors with deep micro-holes[J]. Electroplating & Finishing, 2015, 34(4): 189-190(in Chinese).
- [4] 潘国锋. 电子开关接插件滚镀银工艺[J]. 电镀与涂饰, 2012, 31(6):13-14.  
Pan G F. Barrel silver plating process for electronic switch connector[J]. Electroplating & Finishing, 2012, 31(6): 13-14(in Chinese).
- [5] 胡立新, 程骄, 占稳, 等. 甲基磺酸电镀锡工艺的研究[J]. 电镀与环保, 2009, 29(6):29-32.  
Hu L X, Cheng J, Zhan W, et al. A study of methylsulphonate tin electroplating process[J]. Electroplating & Pollution Control, 2009, 29(6):29-32(in Chinese).
- [6] 陈文科, 刘强, 欧阳实. 基于模糊PID的镀液温度智能控制系统[J]. 电镀与精饰, 2019, 41(10):28-32.  
Chen W K, Liu Q, Ouyang S. Bath temperature intelligent control system based on fuzzy PID[J]. Plating and Finishing, 2019, 41(10): 28-32(in Chinese).
- [7] 赵刚, 罗文苑. 三菱伺服电机选型[J]. 广船科技, 2012(1):35-37.  
Zhao G, L W Y. Mitsubishi servo motor selection[J]. GSI Shipbuilding Technology, 2012(1): 35-37(in Chinese).
- [8] 俞梁英. 滚镀过程中电流密度在线监控系统的设计[J]. 电镀与环保, 2016, 36(3): 48-50.  
Yu L Y. Design of online monitoring system for barrel plating current density[J]. Electroplating & Pollution Control, 2016, 36(3): 48-50(in Chinese).
- [9] 龚仲华, 史建成, 孙毅. 三菱FX/Q系列PLC应用技术[M]. 北京:人民邮电出版社, 2006.  
Gong Z H, Shi J C, Sun Y. Mitsubishi FX/Q Series PLC Application Technology[M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Publishing House, 2006 (in Chinese).
- [10] 彭福友. 对于提高滚镀线产能的几点看法[J]. 电镀与环保, 2014, 34(6):50-51.  
Peng F Y. Some views on improving the productivity of barrel plating line[J]. Electroplating & Pollution Control, 2014, 34(6): 50-51(in Chinese).