

基于脉冲变压器变换的自动化电磁铆接设备*

Automatic Electromagnetic Riveting Equipment Based on Pulsed Transformer

中航工业北京航空制造工程研究所 高明辉 刘华东 许国康 卜泳 肖庆东 黄春

[摘要] 分析了电磁铆接设备的主电路的主要方式的特点,对采用脉冲变换方案研制的电磁铆接设备原理、实现方法进行了分析,将研制的设备集成到自动化铆接末端执行器中。并进行了铆接工艺试验。

关键字: 脉冲变换 自动化铆接 工艺试验

[ABSTRACT] Compared three main circuit of riveting equipment, automatic electromagnetic riveting equipment with pulsed transformer in main circuit is designed and manufactured. And test is done to use this equipment to rivet component of aluminium and composite.

Keywords: Pulse transform Automatic riveting Process test

电磁铆接技术是 20 世纪 70 年代初开始发展起来的一种新的铆接技术,它利用电能—磁场能—机械能的转换,应用冲击大电流技术获得瞬时冲击载荷作用于铆钉,铆钉在应力波作用下遵照金属材料的动力学特性成形。电磁铆接可以有效地施铆钛、不锈钢之类的强度高、屈强比高、对应变率敏感的难成形材料铆钉,并形成良好的连接。对于大直径铆钉或厚夹层结构,应用电磁铆接也可以实现良好的干涉配合铆接。电磁铆接结合自动化还可以用于现代飞机金属和复合材料结构的铆型环槽钉的自动化安装。另外,电磁铆接效率高、噪音低、能量利用率高,这是普通铆接难以比拟的。

1 电磁铆接电源

根据电磁铆接的原理,形成铆接力的能量公式如下:

$$W_r = \frac{1}{2} C U_0^2 \quad (1)$$

根据公式,要获得大的铆接能量,有 2 种方法,其一是用高的充电电压;其二是用大容量电容器。具体实现方案有以下 3 种:

第 1 种方案:利用电网整流后,给低电压的大容量电容器充电,直接对铆接感应器放电,用三相供电时,感应器上电压为约 500V^[1]。

优点:利用大容量电容器,可在低压时贮存能量。

缺点:低压大容量电容器是电解电容,寿命低,电

容器对铆枪直接放电,铆枪安全绝缘防护要求高,因而铆枪体积大,重量重。

第 2 种方案:电网动力电经升压、整流后,给贮能器(高压脉冲电容器组)充电,放电产生的数千伏高压脉冲电流用于铆接。

优点:高压脉冲电容器体积小,寿命长。

缺点:铆枪上电压高,防护要求高,铆枪体积大。

第 3 种方案:综合前面两个方案的优点,先将电网电压经升压、整流后,给贮能器(高压脉冲电容器组)充电,放电产生的数千伏高压脉冲电流,再经过脉冲变压器降压,可使输出到铆枪上的电压不超过 380V。

优点:可采用长寿命的高压脉冲电容器高压充电,电容器的容量可以小,又保证在铆枪上较低的电压,减少设备和铆枪体积,即保证安全性,又减少发热损失,提高能量利用率,有利于电磁铆接的自动化。

缺点:多了脉冲变压器,不仅要占用一定的体积,而且需设计、制造专用的脉冲变压器的。

通过对比分析,综合考虑方案的先进性、安全性及可以手持操作的可能性,项目选用小型大容量脉冲电容器加脉冲变压器的方案(方案 3)。

根据输出电压为 380V 的技术要求,主电源电路的电压变换思路为:电网电压经过一次升压(T1);给储能电容(C1)充电,达到要求的充电电压后进行放电控制(SCR1);再经脉冲变压器(T2)将电压降到 380V 后输出到感应器。电磁铆接电源主电路原理如图 1 所示。

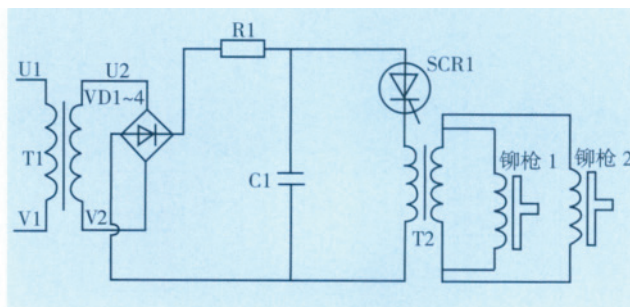


图1 铆接设备主电路原理

Fig.1 Main circuit principle of riveting equipment

2 电磁铆接设备关键问题

2.1 逻辑、安全功能

控制电路部分主要控制功能由 PLC 完成,开机、启

* 国家科技重大专项(2010ZX04007-052)资助。

动、充电、放电、停止等输入条件均通过开关输入到 PLC 的信号输入端；参数设定由人机界面 (HMI) 以数值方式输入 PLC 内, HMI 同时显示报警信息。充电电压值由电压测量电路输出到 PLC 的 A/D 模块, 通过 A/D 模块输入到 PLC 内, 达到充电电压设定值后, 由 PLC 给出放电触发信号。若充电电压超高则给出保护动作信号。其他输入输出逻辑控制信号也由 PLC 进行内部程序控制后由 PLC 输出。主要输入输出信号如表 1 所示。

根据上表的信号、铆接工艺过程的流程要求, 设计了铆接电源控制流程(图 2), 按流程设计了控制程序。

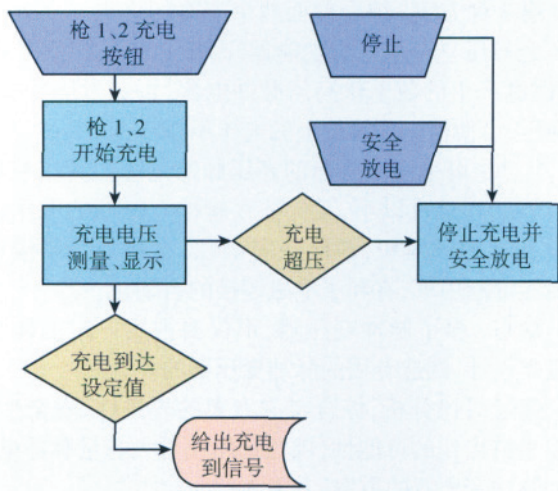
2.2 铆接过程控制

铆接控制技术: 电磁铆枪的控制按钮都在手柄上, 且按钮上的电压均为低电压。按一下铆枪上的充电按

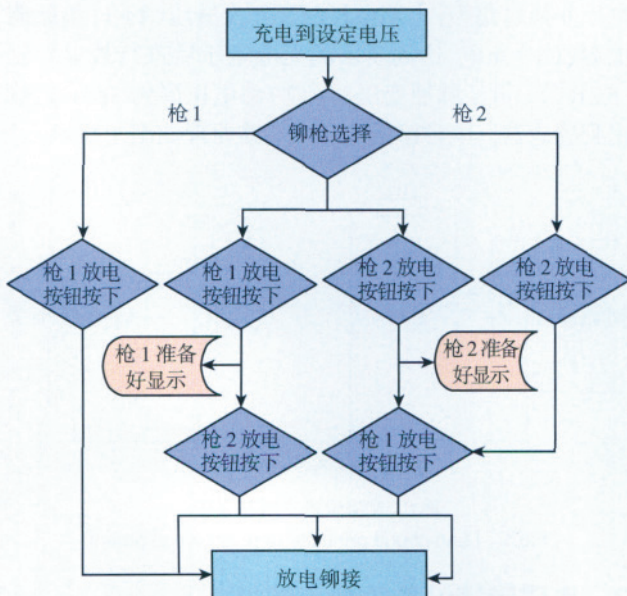
表1 输入输出信号功能表

输入信号	输出信号
枪 1 充电	充电
枪 2 充电	充电完成
枪 1 停止	枪 1 准备好
枪 2 停止	枪 2 准备好
枪 1 放电	枪 1 放电
枪 2 放电	枪 2 放电
充电超压	安全放电
漏电	漏电保护

钮, 可以看到充电指示灯亮, 电容器上充电电压实际值在增加, 达到充电电压设置值后, 停止充电, 同时“充电到”指示灯亮。这时在铆枪已经对准铆钉并顶好顶铁的情况下, 按一下放电扳机, 即完成了铆接。图 3 所示为铆枪上按钮和指示灯位置图。



(a) 充电控制程序流程



(b) 放电控制程序流程

图2 铆接电源控制

图2 Flow chart of control program

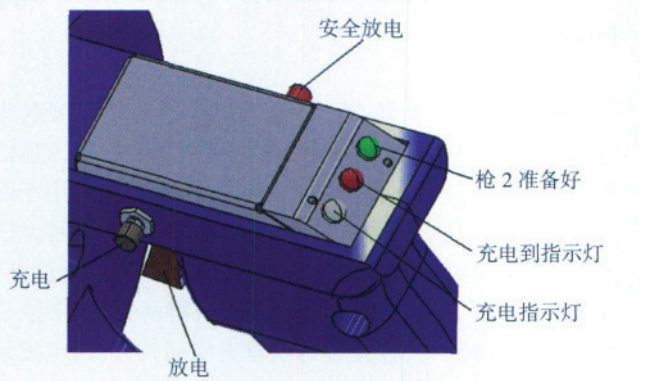


图3 铆接控制按钮安装

Fig.3 Mounting position of operating button

2.3 PLC 及 HMI 程序

PLC 程序控制逻辑和触摸屏 (简称 HMI) 程序通过程序内部参数传递, 实现 HMI 上参数的设定、显示、记录存储、报警状态等功能。为方便调试设计了调试单独使用的功能。调试后的 HMI 设计图主要画面如图 4、图 5 所示。

2.4 充电、放电电路参数优选

通过在 HMI 上从小 (100V~1200V) 到大设定充电电压值, 检验每次是否达到设定值。测量充电速度; 并用泄压电阻放电, 检验泄压速度及泄压电阻发热情况。优化电路参数, 最后选出合适的参数。

3 铆接工艺试验

设备参数及程序调试完成后, 进行了不同材料的铆接工艺试验。检测不同情况下的铆接试验效果。试验件及试验参数表如表 2 所示。



图4 铆接设备HMI主操作画面
Fig.4 Main operating page of HMI

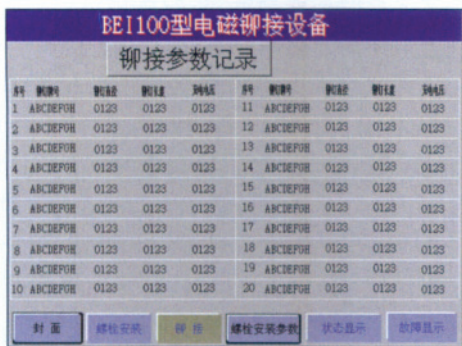


图5 铆接参数存储画面
Fig.5 Parameter log page of HMI

表2 铝合金工艺试验数据

铆钉		充电电压 /V	铆头	
直径 /mm	长度 /mm		直径 /mm	高度 /mm
4	13	780	5.90	2.33
4	13	780	5.90	2.80
4	13	780	5.83	2.62
4	13	780	5.80	2.66
4	13	780	5.57	2.72
5	14	1050	7.29	3.05
5	14	1050	7.25	2.92
5	14	1050	7.33	2.67
5	14	1050	7.28	2.93
5	14	1050	7.23	3.09

4 自动化铆接

根据自动化铆接的工艺流程要求,设计了电磁铆接电源与自动化铆接末端执行器间通信的硬件接口定义(表3)和软件接口程序,程序流程如图6所示。进行螺栓安装试验,试验结果如表4所示。

5 结论

由试验结果可以看出,采用主电路是脉冲变压方式

表3 自动铆接通信接口信号

末端执行器→铆接电源信号	铆接电源→末端执行器信号
自动铆接开始	充电
自动铆接停止	充电到设定电压
铆钉送钉到位	铆接电源故障
铆枪进给到位	

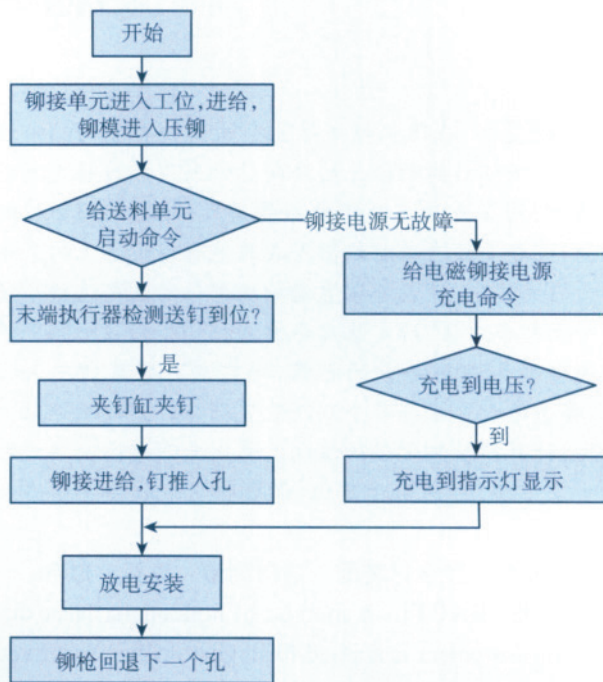


图6 自动化铆接流程
Fig.6 Flow chart of automatic riveting

表4 自动化螺栓安装工艺试验

夹层材料	孔径 /mm	夹层厚度 /mm	螺栓规格	螺栓直径 /mm	安装电压 /V
LY12	4.96	12	$\phi 5 \times 90^\circ$	5.02	900
LY12	4.98	12	$\phi 5 \times 90^\circ$	5.02	900
LY12	4.96	12	$\phi 5 \times 90^\circ$	5.01	900
LY12	4.94	12	$\phi 5 \times 90^\circ$	5.01	900
LY12	4.97	12	$\phi 5 \times 90^\circ$	5.02	900

研制的电磁铆接设备可以实现手持操作铆接,并可集成到自动化末端执行器上实现自动化铆接,且手动铆接和自动化螺栓安装的结果满足铆接工艺要求。为航空产品提供了高效、安全的自动化装配新方法,可以进一步推广应用。

参考文献

[1] 樊战亭. 基于 PLC 的电磁铆接设备控制系统. 机床与液压, 2005,11:108-110. (责编 三丰)