

PLC及触摸屏控制系统在薄壁方管焊接中的设计和应用

王俊恒,高洪明,张广军,吴林

(哈尔滨工业大学 现代焊接技术国家重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:采用路径示教、记忆跟踪、参数控制等技术,建立了方管密排焊的TIG自动焊PLC控制系统;介绍了PLC及触摸屏组成的控制系统工作原理、系统构成和软件设计。该系统能根据间隙变化使电流线性调节,并用电弧静特性来匹配电流电压关系,从而获得了稳定的电弧长度,避免了因电流电压特性处于下降段,当电流随间隙减小而减小,工件却向上挠曲,造成钨极扎进焊缝的现象。实验表明,该系统不仅能使焊接生产顺利进行,而且得到均匀一致的焊缝宽度。

关键词:薄壁方管;PLC;触摸屏;电流线性调节;电弧静特性

中图分类号: TG457.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2303(2006)12-0016-04

Application of PLC and touch screen on control system of thin wall rectangle tube welding

WANG Jun-heng, GAO Hong-ming, ZHANG Guang-jun, WU Lin

(National Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: The automatic PLC control system of TIG welding for rectangle tube densely welding is developed in this paper, including the techniques of path teaching, memory tracking, parameters matching and parameters controlling. And the working principles, system structure and software designing are also introduced. The linear control of current is applied according to the relationship between the gap and the welding current. And in order to control the arc length to avoid tungsten electrode plunging into welding seam, another strategy is applied according to the static characteristic of arc. Experiment shows that the welding process can proceed smoothly and get homogeneous width of welding it's seam, while the welding reduces according to the gap becomes narrow and the welding seam appears upwards bend deformation.

Key words: thin wall rectangle tube; PLC; touch screen; linear control of current; static characteristic of arc

0 前言

某型号关键器件由数百根管壁厚度为0.33 mm的镍基高温合金薄壁方管并行密排缠附在锥体转胎上焊接而成,其焊缝是数百条螺旋角时刻发生变化的空间螺旋线。由于壁薄和受热不均因素的存在,加上镍基高温合金自身导热性差,线膨胀系数大,易造成变形和热聚集,使方管对变形引起的弧长和电弧位置的变化十分敏感,导致焊偏、焊穿、未焊透和夹钨等现象。多年来一直采用手工TIG焊接方法,生产效率低、周期长,且人为因素影响大,质量不稳

定,返修率高^[1-2]。

为此,建立了方管密排焊的TIG自动焊PLC控制系统,采用路径示教、记忆跟踪、参数控制等技术解决了影响方管密排焊自动化的技术难题。将该系统用于方管密排焊过程,取得了良好的焊接效果。

1 控制系统工作原理

通过对薄壁方管密排焊的焊接过程研究发现,为了获得与转胎一致的型面,方管受到了很多轴向和径向约束,焊接分段进行;焊接时,热源对方管上部起加热作用,而下部的巨大转胎相当于一个常温的冷铁,从而使方管的上部和下部形成较大的温度差,上部膨胀比下部厉害,产生向上的挠曲,导致弧长的改变,如果不及时调整焊枪高度,钨极将扎进

收稿日期:2006-06-26

作者简介:王俊恒(1973—),男,四川成都人,博士,主要从事焊接自动化、机器人技术、焊接结构及其工艺等领域的研究工作。



焊缝造成夹钨;焊枪一旦偏离焊缝中心位置,将造成焊缝两侧受热不一致,受热多的一侧向上挠曲更厉害,从而造成错边;加上镍基高温合金自身导热性差,线膨胀系数大,易造成变形和热聚集;这就使方管对变形引起的弧长和电弧位置的变化十分敏感,导致焊偏、焊穿、未焊透和夹钨等现象。另外,焊接过程中,焊缝间隙将发生变化,主要表现为两种情况,一是同一条焊缝间隙随着焊接的进行不断变化,一是不同焊缝间隙不同。在两拘束之间间隙的形状为两端小,中间大。如果不及时调整电流,将导致间隙两侧熔池无法熔合,焊接过程中断。基于对焊接过程的研究,建立了一个方管密排焊的 TIG 自动焊接控制系统,其控制原理如图 1 所示。

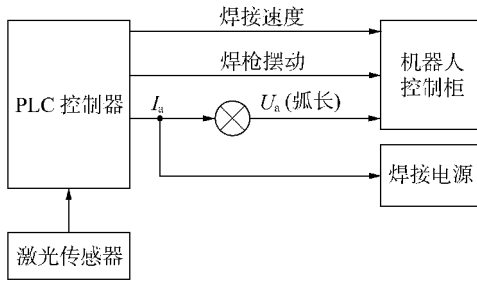


图 1 控制系统工作原理框图

Fig.1 Schematic diagram of the control system

该系统的关键在于从密集的焊缝中正确识别和跟踪目标焊缝,对不同的焊缝间隙匹配不同的焊接规范参数,并对其进行控制。焊接过程中要控制的规范参数包括焊接电流、电弧电压、电弧长度和焊接速度,这些参数来源于大量的工艺试验,并作了总结整理。焊接电流对有间隙方管的熔池熔合和熔池形状控制起着重要的作用,甚至决定了焊接过程能否顺利进行,产品质量的成与败;而电弧长度的稳定对熔宽的均匀一致和焊接过程的稳定也很重要。因此,选定焊接速度后,着重对焊接电流和电弧长度进行控制。

随着焊接过程的进行焊缝间隙是动态变化的,焊接电流如果不跟随变化,将导致间隙两侧方管棱角上的熔池无法熔合或者产生烧穿等缺陷,使焊接过程中断,因此,电流必须随间隙的变化而变化。由于焊件对熔池宽度均匀一致的要求较高,因此,要求电弧长度保持足够高的稳定性。但由于焊接电流较小,处于电弧静特性曲线的下降特性段,如图 2 所示。焊接过程中,将弧压调节器的设定值取为常数时,在电流随间隙变小而减小时,电弧长度缩短,加上

方管向上挠曲,使钨极扎进焊缝导致夹钨。所以为使弧长保持基本恒定,采用电弧静特性中电流与电压的关系曲线来进行动态补偿。

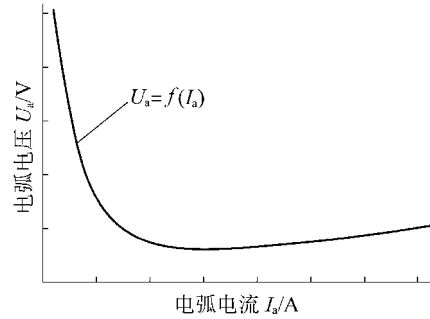


图 2 电弧的电流、电压特性^[3]

Fig.2 Relation curve of the current and arc voltage

2 控制系统的实现

2.1 系统硬件结构

由于焊缝呈密集空间螺旋线,且受热易产生挠曲、间隙和错边等。因此,焊接时,为获得良好的焊接质量,一方面,要求能从密集的焊缝中正确识别和跟踪目标焊缝,并通过转动转胎和调整机器人姿态,使焊缝和焊枪始终处于船形焊位置;另一方面,要求焊接电流随焊缝间隙的变化作适当变化,使间隙两侧的熔化金属能熔合在一起形成熔池,且熔池宽度和深度要基本均匀。为此,该系统在机器人末端沿焊缝前进方向加装了焊枪和激光传感器,利用机器人外部轴控制变位机与转胎,使焊缝和焊枪始终处于船形焊位置,且焊枪在焊缝中心位置;在焊枪和工件间加装了弧压调节器,控制电弧的长度,从而获得基本一致的焊缝熔宽和熔深。示教过程中,焊缝被分成很多段,每一段又被划分为 15 个示教点,各点之间的电流随方管间隙的变化而线性渐变。电弧电压依据试验得到的电弧静特性曲线进行动态补偿,保持弧长的稳定性,保证焊缝的成形质量。控制系统的基本结构如图 3 所示。

该系统中,PLC 控制器用以实现整个焊接过程的协调控制,包括故障检测、焊接路径示教、焊接过程时序控制、焊接电流线性调节和依据电流、电压静特性曲线对电弧电压进行动态补偿等。PLC 的数据存储区存储了与焊缝间隙对应的焊接电流和电流/电压关系表(此表依据试验得到的电弧静特性曲线制作而成)。焊接过程中,PLC 实时检测各组成部分的状态,通过激光传感器控制焊枪处于焊缝中心位置,将数据存储区的焊接电流参数通过 D/A 模块,经

专题讨论——管道焊接技术及设备

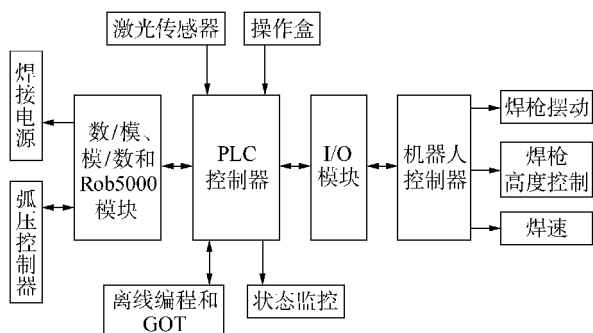


图 3 PLC 控制系统硬件结构框图
Fig.3 Structural drawing of the PLC control system

过 Rob5000 传送给数字化焊接电源,使电流随间隙变化而作线性变化;当电流变化时,实时检测电流/电压对照表,利用电弧静特性曲线动态调节弧压调节器的设定值,从而保持电弧长度的稳定,以获得均匀的焊缝深度和宽度。

由于 PLC 的人机对话方式显得较为单一,传统上只能提供拨码开关进行工艺参数和数据的设定,不宜实现现场监控以及工艺参数的现场设置和修改,很难完成对工艺流程的实时显示,给操作带来不便^[4-6]。在此采用触摸屏(GOT)来做人机界面,不仅部分替代了传统的控制面板和键盘操作,而且与 PLC 结合可对控制参数和数据进行显示,并能以模拟仪表和曲线的方式描绘焊接电流、电压的实时变化过程,简化了 PLC 控制程序,减小了 PLC 的规模。为用户提供较为灵活的中文人机交互界面,以帮助操作者正确、方便地设置控制参数,并依据屏幕显示对焊接工作状态做出正确的判断。焊接电流控制人机交互界面如图 4 所示。

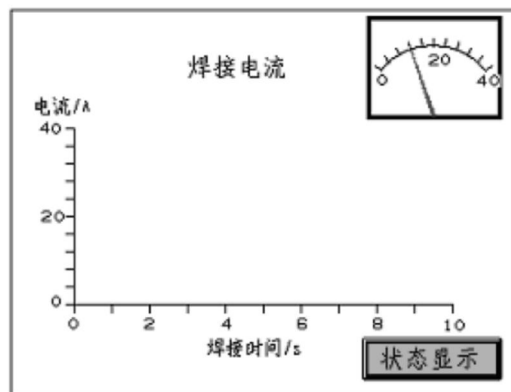
该系统通过通信口和 RS232 通信线与离线编程计算机和触摸屏相连,利用 MELSEC 协议进行数据通信和传输。离线编程计算机和触摸屏具有离线编程、预置参数、实时检测显示焊接过程、及时方便调整焊接参数的功能。

手控盒的作用是在示教或焊接过程中调整焊枪的位置,保证焊枪对中,人工调节电流和电压等。

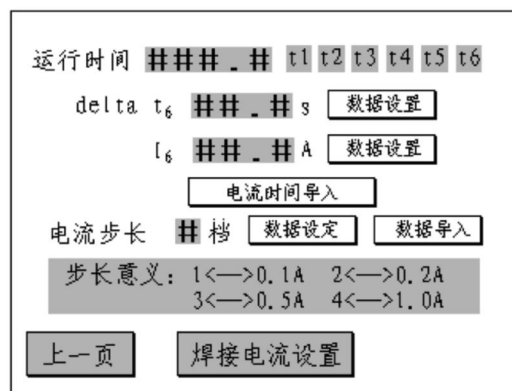
2.2 系统软件设计

为了实现薄壁方管并行密排焊的 TIG 自动焊控制,设计了如图 5 所示的程序结构。

初始化模块进行焊接电流和电压的初始化,以及焊接工作电源模式的选择。操作模式选择模块用于手动/自动和远控/近控的设置,手动模式用于路径



a 焊接电流显示人机界面



b 焊接电流调节人机界面

图 4 PLC 电流控制人机界面

图 4 Human-robot interface of the current control

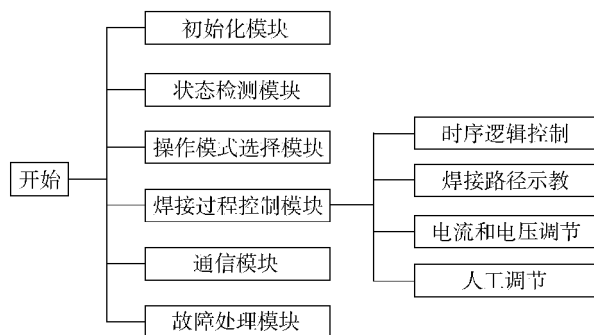


图 5 PLC 控制系统程序结构

图 5 Program structure of the PLC control system

示教,自动模式用于焊接过程;状态检测模块用于各组成部分的状态检测和显示,并通知故障处理模块进行故障处理;通信模块用于接收离线编程计算机和触摸屏传来的焊接参数信息,并实现 PLC 与机器人和传感器之间的通信。焊接过程控制模块用于焊接时序逻辑控制,进行焊接路径示教、焊接电流和电压的调节、人工调节等工作。其程序流程如图 6 所示。

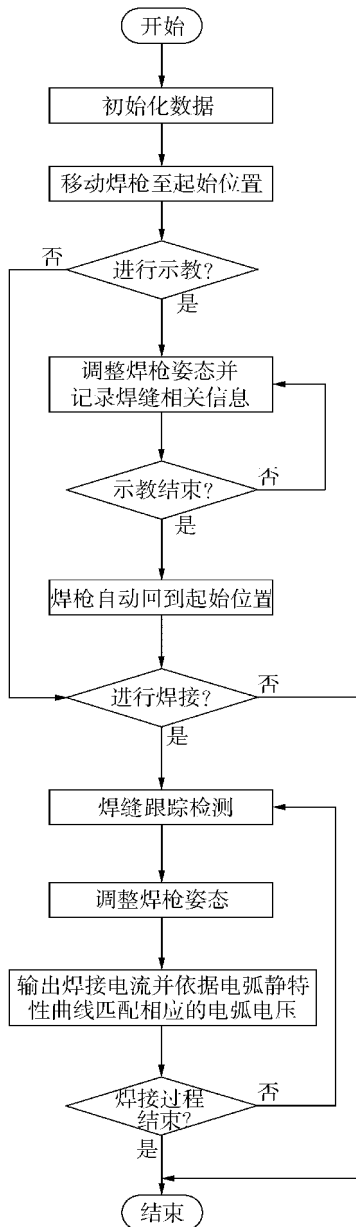


图 6 过程控制程序流程

Fig.6 Flow chart of the process control

3 试验与结果

利用控制系统对焊件进行了焊接实验,实验条件如下:采用 Fronius TT-2200 型直流 TIG 逆变数字电源;实际焊接电流 9.5~22.5 A,电弧电压依据电弧静特性在 7.5~13.5 V 之间作相应变化,焊接速度 2 mm/s。焊接分段进行,焊缝的长度随曲率的减小而依次增加,各段长度分别为 60 mm, 120 mm, 240 mm, 380 mm,从曲率大的一端起焊。试验结果如表 1 所示。

表 1 试验结果

Tab.1 Result of the experiment

焊缝长度 l/mm	焊缝宽度最大值/最小值 b/mm	中断次数	焊缝质量
60	2.28/2.12	0	良好
120	2.36/2.14	0	良好
240	2.42/2.26	0	良好
380	2.46/2.32	0	良好

曲率大的一端,由于空间曲线焊缝曲率较大,并且曲率变化较大,增加了激光跟踪的难度,造成焊枪偏离两管中心距离较大,易造成焊偏、错边、焊穿等现象。因此,该段设置的拘束较大,焊缝施焊长度短;由于电流调整得当及时,焊缝间隙不是很大,电流变化范围较小,电弧电压变化也不大,焊缝宽度变化相对较小,焊接过程平稳,焊缝质量良好。

随着曲率的变小,焊缝逐渐变得平直,偏离距离逐渐变小,焊缝间隙逐渐增大,焊缝宽度变化逐渐增大,焊接过程相对更加平稳,因此,各段焊缝长度有所增加,焊接质量也有所提高。

4 结论

施焊的关键在于控制焊接线能量使连续变化的间隙两侧的熔化金属能熔合形成熔池,使焊接过程能顺利进行。利用 PLC 和触摸屏将激光传感器、弧压调节器、弧焊机器人和焊接电源协调整合为一个有机系统,不但解决了密集焊缝的跟踪问题,而且在 PLC 程序中依据电弧静特性曲线进行编程,解决了下降段线性变化电流,变电弧电压情况下,弧长的稳定问题,获得了均匀一致的焊缝宽度和良好的焊接质量。

参考文献:

- [1] 陈念,孙振国,陈强.基于视觉图像全位置精密 TIG 焊缝跟踪[J].焊接学报,2001,22(4):19-22.
- [2] 张文增,陈强,孙振国,等.机器人焊接几何约束工件焊枪偏角的预规划[J].焊接学报,2004,25(1):17-20.
- [3] 杨春利,林三宝,张九海,等.电弧焊基础[M].黑龙江:哈尔滨工业大学出版社,2003:34-44.
- [4] 朱宁,谢守振.PLC 及触摸屏在套圈沟道超精研机控制系统中的应用[J].轴承,2002(1):16-18.
- [5] 王小平,姚振强,王宇哈,等.PLC 和 TP 在汽车密封条生产线控制中的应用[J].机电工程,2004,21(1):18-19.
- [6] 李飞,周明.触摸屏和 PLC 组成的改性沥青自控系统[J].中国建筑防水,2003(1):20-21.