

基于 LabVIEW 的搅拌摩擦焊 在线监测系统*

On-Line Detection System for Friction Stir Welding Based on Labview

南京航空航天大学机电学院 王吉胜 黎向锋 左敦稳 汪洪峰 董学伟
中国搅拌摩擦焊中心 董春林 李光



王吉胜

南京航空航天大学研究生, 研究方向为计算机智能加工。

搅拌摩擦焊(FSW)作为一种新型的固相连接技术,具有一系列传统焊接无法比拟的优点^[1-2]。如焊接时的无飞溅、不需要气体保护、焊后工件残余应力和变形小、焊接接头抗拉伸性能和抗弯曲性能良好、生产成本低和无污染等,这些性能在铝合金焊接方面具有得天独厚的优势^[3-4]。搅

本文基于 LabVIEW8.5 完成了搅拌摩擦焊在线监测系统的设计。配用研华 PCI-1710L 型多功能数据采集卡使该系统能够对搅拌摩擦焊加工过程中温度信号、振动信号和三向力信号进行实时采集、显示与存储,而且该系统具有结构简单、成本低、界面友好、便于操作等优点。

拌摩擦焊在加工过程中涉及到温度场、材料组织变化、材料流动、应力应变和振动等多方面的问题^[5-8]。为了提高搅拌摩擦焊的焊接质量,必须要设计一套能同时检测搅拌摩擦焊加工过程中的温度、三向力和振动信号的在线检测系统。

有硬件和软件两个部分构成,系统结构如图 1 所示。硬件部分包括自行设计制造的搅拌摩擦焊测力八角环、K 型热电偶、加速度传感器、电阻应变片等信号感应元件、信号调理电路、数据采集卡、计算机和连接线路。软件部分主要是用能够对数据采集卡进行相应的参数设置和对采集信号的实时显示以及数据存储 LabVIEW 开发的操作设置界面。

系统的构成

搅拌摩擦焊在线监测系统主要

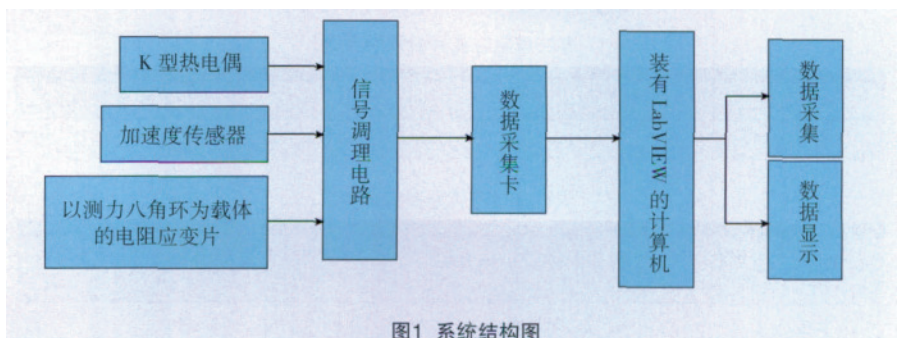


图1 系统结构图

* 江苏省研究生创新基金(CX09B_073Z)资助。

系统硬件的设计

1 测力八角环的设计

搅拌摩擦焊在加工过程中要产生三向力的作用,如图2所示。其中下压力比较大;径向力有一定的波动;侧向力比较微弱。据此特点设计制造的测力八角环能够检测搅拌摩擦焊加工三向力,如图3所示。

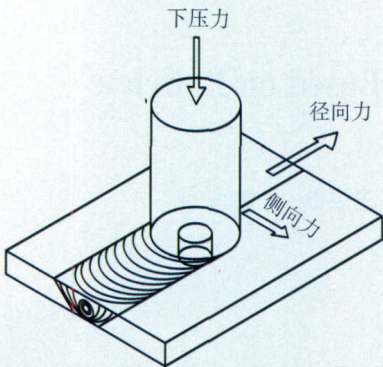


图2 搅拌摩擦焊三向力示意图

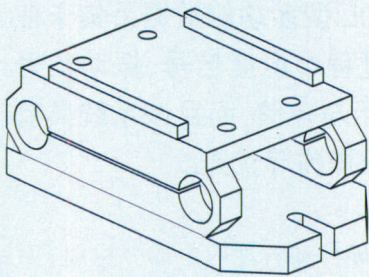


图3 测力八角环机构图

2 传感器

本系统中涉及到的传感器有热电偶、电阻应变片和加速度传感器。

热电偶是测温传感器,K型热电偶结构简单,热惯性小,动态响应速度快,能够远距离传送信号和多点测量^[9]。考虑到搅拌摩擦焊对象多为低熔点工件,所以本系统采用1级镍铬-镍硅筒装式K型热电偶,其性能指标见表1。

因为本系统中测力过程是借助自行设计制作的测力八角环完成的,所以感应元件既要满足量程灵敏度的要求,又要便于贴在八角环上组成测力传感器。综合考虑以上因素,本系统采用Bx120-2AA型电阻应变片,其性能指标如表2所示。

振动测量用型号为ULT2404/V压电式加速度传感器,其性能参数如表3所示。该传感器不但具有极好的温度变化隔离作用、较高的共振频率和良好的线性,而且结构简单、成本低、便于固定。

3 信号调理电路

由于传感器产生的都是比较微弱的电压信号,但本采集卡采集数据用到的采集电压是0~10V,为此需要对传感器产生的微弱信号进行放大处理。此外,热电偶还要考虑冷端补偿问题,其冷端补偿电路如图4所示。加速度传感器采集的振动信号受外界环境的影响较大,为此需要进行滤波处理,其滤波电路如图5所示。

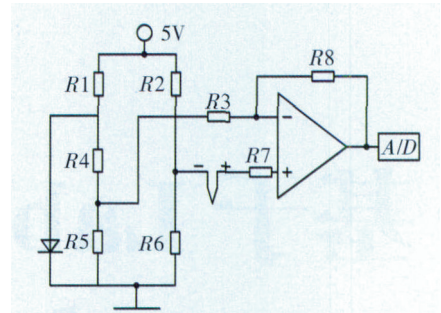


图4 热电偶冷端补偿电路

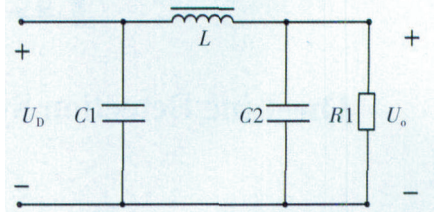


图5 加速度传感器滤波电路

4 数据采集卡

本系统采用研华PCI-1710L型多功能数据采集卡。该采集卡具有32位PCI总线、12位A/D转换器、16路单端或8路差分模拟量输入、16路数字输入,采样速率可达100kHz。采集卡有即插即用功能,不需要设置任何跳线和DIP拨码开关;测量精度高,速度快;编程简单,连接方便,并且与LabVIEW有良好接口。此外,本系统还在输出管脚处设置了短路保护器件,能够对多数据采集卡进行短路保护。

系统的软件设计

本系统的操作软件是基于可编程语言LabVIEW开发而成的,分为前操作面板设计和程序设计两部分。利用相应的函数模块完成对数据采集卡的参数设置和整个数据采集过程的操控,实现数据的实时采集、显示及存储^[10-11]。

1 前操作面板的设计

基于LabVIEW编写的搅拌摩擦焊在线监测系统前操作面板,如图6所示。前面板具有以下功能:数据采集监测的开始和结束控制、数据显示、采集设备和采集通道的选择、采

表1 K型热电偶性能参数

	适用温度/℃	允许偏差
1级	-40~800	1.5
2级	-40~1200	2.5

表2 电阻应变片的性能参数

型号	电阻/Ω	灵敏度/%	栅长×栅宽/mm
Bx120-2AA	119.8±0.1	2.08±1	2×1

表3 加速度传感器性能参数

型号	电荷灵敏度/(pc·g ⁻¹)	频率范围/Hz	谐振频率/kHz	幅值线性/g	适用温度/℃	横向灵敏度/%
ULT2404/V	100	0.2~7700	23	2000±10	-40~150	≤5

集参数的设定、数据缓存以及存储路径的设定等。通过前面板可以直观地观测到焊接过程各路信号的变化及队列的数据缓存状态^[12]。



图6 系统前操作面板

2 程序设计

数据采集系统的主程序如图7所示,利用相应的函数子模块对各个通道的信号进行循环采样,主要实现数据的采集、缓冲、显示及存储等功能。

(1) 数据的采集和显示。

PCI-1710L型多功能数据采集卡自带LabVIEW驱动程序,应用LabVIEW8.5中相应的数据采集模块和采集函数的多通道数据采集函数,可以很方便地采集到各路信号及其通道索引等信息,并且可以直接将采集到的数据通过波形显示控件直观地显示出来。数据采集过程如图8所示。首先,利用DeviceOpen函数(图8(a))开启数据采集设备并通过MultiChannelINTSetup子程序(图8(b))进行多通道模拟输入参数设置;其次,利用EnableEvent函数(图8(c))开始数据采集,同时通

过BufferChangeHandler(图8(d))开辟一个缓冲区以缓存数据,进入缓存区的数据一边通过函数补偿后直接以波形的形式显示在显示控件上,同时利用数据写入函数将数据写入指定的文件;最后,通过FAIStop函数(图8(e))停止数据采集并用DeviceClose子程序(图8(f))关闭采集设备。

(2) 数据的存储。

为了便于后期数据的处理,进入缓存区的数据必须通过相应函数写入指定文件中。LabVIEW中的写入测量文件函数(图9(a))能够将缓存的数据以LVM格式写入指定的文件中。由于数据采集速度非常大,所以,采集过程中的数据必须经过缓冲才能保证采集到的数据完整地写入到指定文件中。本系统中通过获取队列引用函数(图9(b))建立一个数据缓冲队列,同时利用获取队列状态函数(图9(c))将数据采集过程

中队列的存储状态在前面板直观地显示出来,这样就防止了在快速采集过程中的数据丢失问题。

系统的测试与分析

利用本系统对7022铝合金进行了搅拌摩擦焊焊接过程信号的在线监测。试验过程中对距焊缝距离不同点的温度进行了测量,温度曲线如图10(a)所示,从该曲线可明显的看出距离焊缝不同点的温度峰值不同,离焊缝越近温度峰值越高且最高峰值温度在250℃左右;图10(b)为焊接过程中测得的振动信号曲线,与理论分析数据相符;图10(c)为搅拌摩擦焊加工过程中的三向力曲线,由该曲线我们可以看出,在正常焊接过程中下压力有一定的波动,且数值较大,径向力比较稳定,径向力大小趋于定值,而侧向力非常小。实际应用表明,本系统能够准确及时地完成搅拌摩擦焊加工过程中对温度

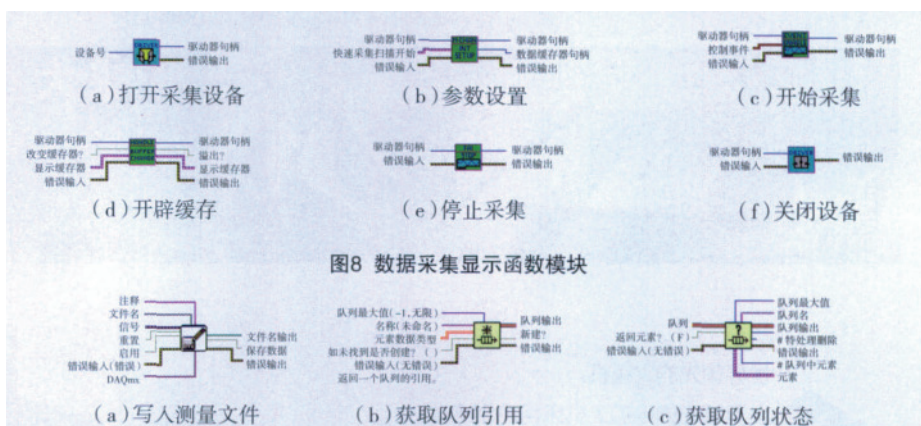


图8 数据采集显示函数模块

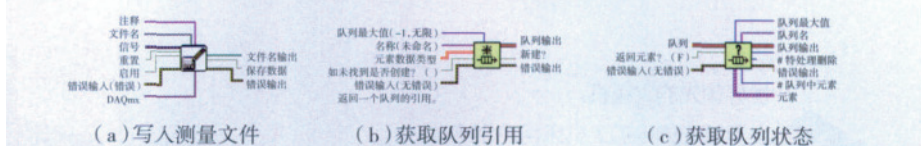


图9 数据存储函数模块

信号、振动信号和三向力信号的实时显示、采集和存储。

结束语

本文基于LabVIEW8.5完成了搅拌摩擦焊在线监测系统的设计。配备研华PCI-1710L型多功能数据采集卡使该系统能够对搅拌摩擦焊加工过程中温度信号、振动信号和三向力信号进行实时采集、显示与存储,而且该系统具有结构简单、成本

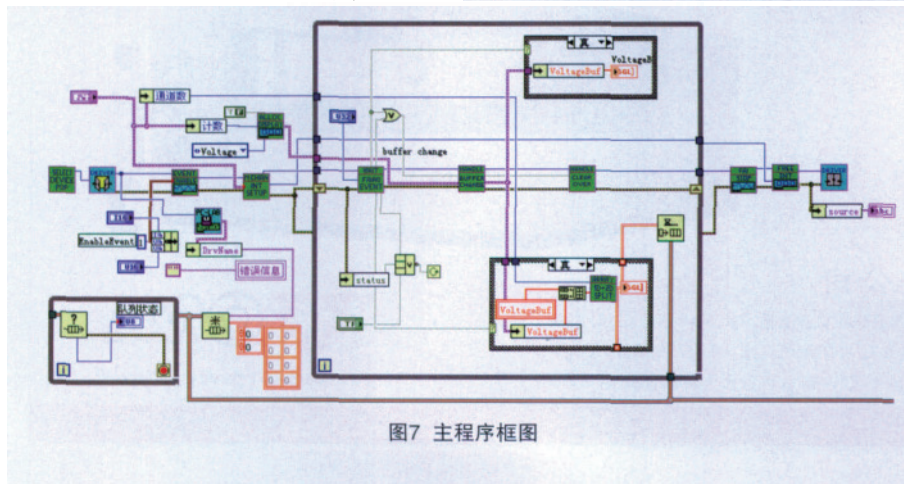


图7 主程序框图

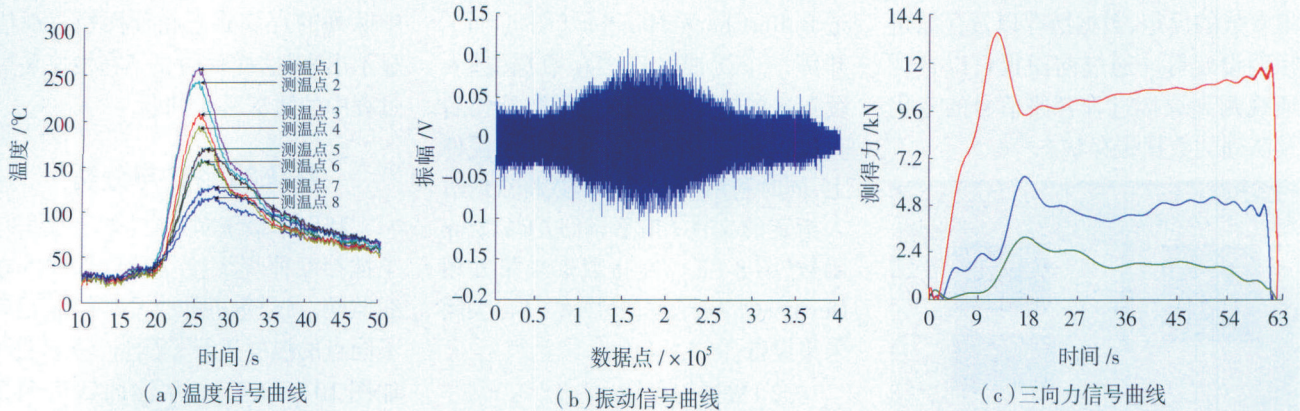


图10 系统测试结果图

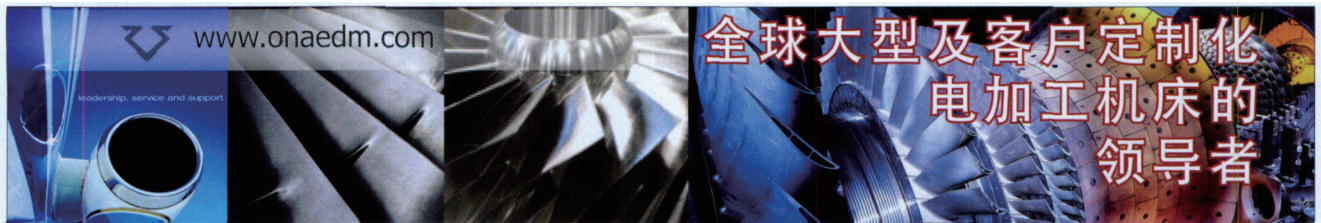
低、界面友好、便于操作等优点。本文通过 7022 铝合金搅拌摩擦焊接试验证明了本系统使用的可靠性和有效性。

参考文献

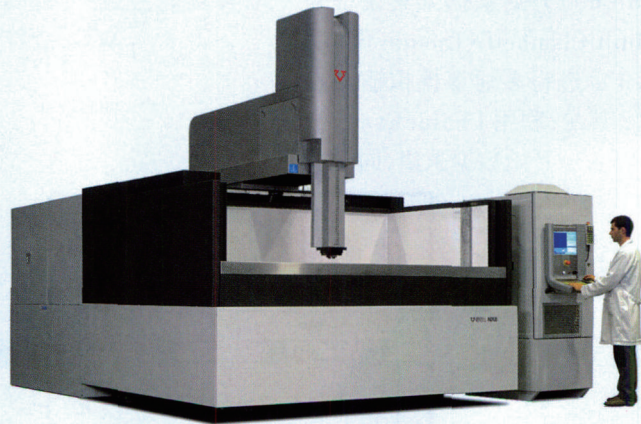
[1] 柯黎明, 邢丽, 刘鸽平, 等. 搅拌摩擦焊工艺及应用. 焊接技术, 2000, 29 (2): 6-9.
 [2] Dawes C, Thomas W M. Friction stir joining of aluminum alloys. Bulletin 6, TWI, 1995, 12-34.
 [3] 张华, 林三宝, 吴林. AZ31 镁合金搅拌摩擦焊接接头力学性能的. 焊接学报, 2003, 24(5): 65-68.

[4] 刘小文, 鄢君辉, 林随更, 等. LY12 搅拌摩擦焊技术. 焊接学报, 2001, 22(4): 55-57.
 [5] 张彦富, 柯黎明, 孙德超, 等. 搅拌摩擦焊焊缝区温度分布及对材料流动的影响. 南昌航空工业学院学报, 2003, 17(3): 11-17.
 [6] 张昭, 陈金涛, 张洪武. 搅拌摩擦焊中压紧力的变化对焊接过程的影响. 航空材料报, 2005, 25 (6): 32-38.
 [7] 李庆华, 李付国. LY12 合金焊接过程的热力耦合有限元数字模拟. 西北工业大学学报, 2005, 23 (1): 129-136.
 [8] Ulysee P. Three-dimensional modeling of the friction stir-welding process. International Journal of Machine, 2002, 42: 1549-1557.

[9] Abe Askari, Stewart Stilling, Blair London, et al. Modeling and analysis of friction stir welding process. The Minerals, Metals Materials Society, America, 2001, 267-288.
 [10] 赵易彬, 周以琳. 基于 LabVIEW 的数据采集系统. 青岛科技大学学报, 2005, 26(5): 23-25.
 [11] 王建群, 南金瑞. 基于 LabVIEW 的数据采集系统的实现、计算工程与应用, 2003, 21: 122-125.
 [12] Livishits AG. Universal quality assurance method for resistance spot welding based on dynamic resistance. Welding Journal, 1997, 76(5): 400-420. (责编 三丰)



- 世界领先的火花机
- 世界领先的电加工机床用NC控制器
- 世界领先的模块化设计的火花机及线切割机床
- 世界领先的免维护过滤系统
- 世界领先的反电解加工
- 定位精度 0.001mm
- 表面粗糙度 Ra 0.1 μm
- 加工速度达 600mm/min



西班牙欧纳机床股份公司

总部：埃古斯基察区 1. 48.200, 杜兰戈. 西班牙巴斯克自治区. Tel: +34 (94) 6200 800
 中国代表处：深南大道财富广场A座10楼A-B-C. 中国深圳. Tel: +86 (755) 8287 0500
 总代理：北京林毅中大机械设备有限公司. 昌平区. 中国北京. Tel: +86 (10) 8074 2338



广告索引号 11-111