

波形控制逆变CO₂焊接电源的 可靠性研究

张鹏贤,马跃洲,梁卫东

(甘肃工业大学 材料科学与工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:针对采用电流波形控制的IGBT逆变CO₂焊接电源的可靠性问题,从电源的主电路、控制电路、短路状态检测以及软件设计等方面进行了探讨和研究。试验研究表明,所提出的解决措施,使波形控制电源的综合性能得到明显改善和提高,焊接过程飞溅进一步降低。

关键词:逆变电源;波形控制;短路过渡;抗干扰;可靠性;

中图分类号: TG434.5;TG444.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2303(2003)04-0012-04

Study on reliability of waveform control of inverter CO₂ welding power source

ZHANG Peng-xian, MA Yue-zhou, LIANG Wei-dong

(College of Material Science and Engineering, Gansu University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: The reliability and stability of inverter type CO₂ welding power source controlled by current waveform is discussed and researched to design the main circuit, the circuit of control system, inspecting for state of short circuit and the software of the power source. The experiment result shows that the measures of trouble shooting, enhances and improves composite performance of the power source of waveform control, at same time, the rate of spatter in weld process is decreased.

Key words: inverter power source; waveform control; short circuit transition; anti-interference; reliability.

近年来,逆变弧焊电源以其所具有的高效率、节能显著、体积小、质量轻、动静态特性好等优点已成为焊接电源的主流产品。焊机属耐用品,用户购买焊机是在注重焊机的使用性能、应用稳定性和可靠性的前提下,才注重焊机技术先进性的。利用逆变电源的工作频率高、响应速度快的特点,将各种波形控制及智能控制技术相结合,发展新型的智能逆变焊接电源成为未来焊接电源发展趋势。但各种控制技术在逆变焊接电源设计及控制中的应用还处于发展的阶段,其应用的方式也是多种多样的。而焊接电源的稳定性、可靠性和焊接质量将会是检验各种控制应用效果的最终标准^[1]。为了研制新型波形控制逆变CO₂焊电源,保证其性能的稳定与可靠,必须从焊接主电路、控制电路、短路过渡状态检测、软件设计等方面进行探讨和研究。

收稿日期:2003-01-16

基金项目:原机械部科技基金项目(97251421)

作者简介:张鹏贤(1970—),男,甘肃靖远人,讲师,硕士,主要从事焊接电源、设备、过程控制以及焊接自动化、智能化等领域的科研和教学工作。

1 硬件电路的可靠性设计

以IGBT为功率开关管的逆变CO₂焊电源,其开关频率高达20kHz以上,IGBT在开关过程中会产生大量的谐波并对周围空间产生射频干扰,而且焊接电源的工作环境恶劣,焊接过程中负载变化较大,电弧产生大量的声、光、电信号,形成极强的电磁干扰源。焊接过程中各种干扰信号不仅会直接影响逆变焊接电源电路正常工作,而且还会通过焊接电源、电网的传导干扰其他设备,同时电网及其他设备中的电磁干扰也会对逆变电源的正常工作产生不利影响。因此,逆变焊接电源的设计和生产必须考虑电磁兼容性(EMC),减少逆变焊接电源产生的电磁干扰及增强本身的抗干扰能力,以确保设备的安全、可靠的运行^[2,3]。

1.1 主电路的电磁兼容和抗干扰

对于IGBT全桥式逆变CO₂焊电源,其主电路中高频变压器、IGBT管、二次侧整流管等都是主要的干扰源。它们对电源控制电路、电网以及周围环境

中其他仪器设备的干扰,主要通过电源的输入和输出环节、空间辐射等途径^[4]。因此,在电源主电路的电磁兼容设计中,主要从排除干扰源、消除干扰途径进行考虑:采用在变压器的输入端加 RC 吸收电路,在电源的输入端、输出端分别加交直流滤波器吸收和滤波环节,消除噪声和杜绝干扰传播途径;采用双重屏蔽措施防止电磁辐射干扰,屏蔽措施可以防止电子设备向外发射辐射干扰并且保护电子设备不受其他干扰源的电磁干扰。所谓双重屏蔽就是指,首先在逆变电源内部把控制电路等重要部件先用一个金属盒屏蔽起来,然后再对整个电源进行屏蔽。

1.2 控制电路的抗干扰

控制电路的稳定与否,是保证焊接电源可靠工作的关键因素之一。而采用单片机构成的控制系统,虽然相对分立元件控制电路抗干扰能力大大提高,但仍然易受高频、电磁噪声等干扰,而造成单片机工作紊乱、死机等后果。为了保证控制电路的正常工作,采取的抗干扰措施主要有:**a.** 强电和弱电分开布线,并采用光电耦合器将控制电路和主电路隔离,防止主电路中的高频强电信号通过驱动电路耦合窜入控制电路;**b.** 信号传输线采用双绞线并尽量短,尽可能远离变压器等大功率器件;**c.** 在控制电路印刷电路板的设计中,通过在各个 IC 芯片的电源输入端与地之间接去耦电容,以消除脉冲电流对芯片的干扰等措施。

实验研究表明,采用一片 80C196KB 为 CPU 的微机系统同时完成信号采样、送丝速度控制和电流波形控制等功能时,由于 CPU 的主频、A/D 转换速度以及采样周期等因素的制约,造成送丝速度控制和波形控制的相互干扰,使得单片机无法同时满足送丝速度的快速调节和电流波形实时控制的要求。图 1 是在由 80C196KB 构成的单机系统的波控电源进行焊接时,实际的焊接电流和电压波形曲线及其微分曲线。图中从上至下 4 条曲线分别为电压一阶微分,电压曲线,电流一阶微分和电流曲线,图中曲线表明,电压、电流波形发生了明显的畸变和滞后,使得熔滴过渡过程时间加长。为了消除这种影响和干扰,控制系统改为由 2 片单片机构成的双机系统完成对波形控制 CO₂ 焊接电源的控制。图 2 为波形控制双机系统原理图。双机系统采用 8097BH 为核心的单片机系统完成对送丝速度的闭环控制(电枢电压反馈的 PI 控制),同时完成对电源运行状态监测和电

源保护等功能。80C196KB 单片机系统完成电源的显示、参数预置、电流波形控制等功能。80C196KB 和 8097BH 单片机之间通过串口通信实现信息传递和对电源的协调控制。



图 1 焊接电流、电压及其微分曲线

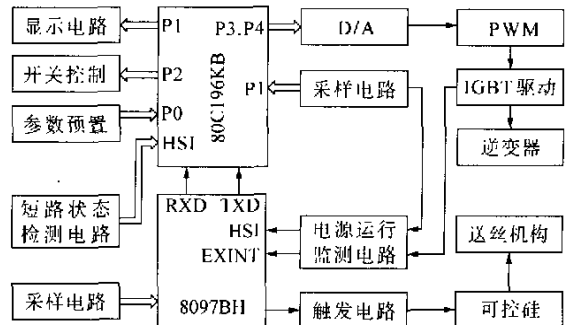


图 2 波形控制双机系统原理图

2 短路过渡状态的可靠检测和识别

短路过渡的 CO₂ 焊接过程的飞溅主要来自于短路初期和短路末期的液桥颈缩爆断时刻。在短路初期和末期分别加以降流措施来解决飞溅问题是电流波形控制的基本思想^[4]。短路过渡的 CO₂ 气体保护焊过程是一个“燃弧—短路”不断交替重复的频率非恒定的复杂物理化学过程。短路过渡过程状态在时域上的规律性很差,无准确恒定的发生时刻和周期。因此,能否准确及时地检测识别短路开始、液桥颈缩及短路结束时刻,是实现电流波形控制的前提和条件^[5]。

图 1 中电压及电压的一阶微分曲线表明,可用电压信号设定阈值的方法来检测短路开始和结束时刻,颈缩发生时刻(拐点处)电压的一阶微分信号作为颈缩开始时刻的检测信号。但短路过渡 CO₂ 焊

其引弧方式采用的是焊丝与工件相接触发生固态短路爆裂引弧,因此,采用设定电压阈值比较的检测方法难以区分引弧短路和焊接过程中的熔滴正常短路。其次,采用电压的一阶微分信号作为颈缩检测信号时,实验证明也有许多不足。首先由于微分信号对电压波动非常敏感,所以,燃弧阶段的电压信号波动产生的微分信号会引起检测系统的误判断;其次,一阶微分信号的阈值难以确定,阈值设定稍高,则只能在电压急剧上升段才能检测到颈缩形成,而造成此时至液桥爆断可控制的时间已所剩无几;阈值设定稍低,易受到干扰和误判断。为解决以上问题,保证检测系统的可靠性,采用图 3 所示的方案来实现对短路过渡状态的检测和识别。

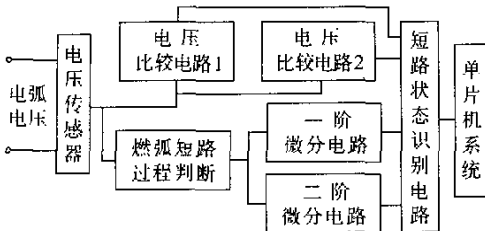


图 3 短路状态检测原理图

引弧过程在电压波形中表现为:电压值从空载 30 V 下降到短路电压 10 V 以下;焊接过程熔滴短路时,电压值由燃弧电压 18~22 V 左右下降到短路电压。因此,可通过电压比较电路设定的阈值大小判断是引弧过程,还是熔滴开始短路过程,来区分两种短路,从而准确地检测到熔滴短路开始时刻的信号。对于颈缩发生时刻信号的可靠及时检测,主要通过增加以下环节来实现:首先,从电压传感器端获得电弧电压信号后,通过光耦和比较器组成的检测电路,获得熔滴短路时的电压信号,屏蔽燃弧阶段的电压信号,消除燃弧阶段电压波形波动信号造成检测系统的误判断;其次,采用电压的一阶微分和二阶微分的比较电路的逻辑与运算,以及阈值通过便于及时调整的可调电阻设定等方法,实现对颈缩信号的准确及时检测和识别。短路状态检测电路工作原理如图 3 所示,当短路状态检测电路检测和识别出短路开始、颈缩产生以及短路结束时刻信号,输入给 80C196KB 单片机的 HSI 口,产生中断请求,单片机系统根据不同状态时期的要求采取相应的波形控制策略,从而实现对电流波形的实时控制。

3 软件的可靠设计

在实际焊接过程中,各种干扰不仅可能造成硬

件系统的损坏,而且还会影响单片机系统的正常工作 and 运行。为保证焊接过程的稳定性,以及程序的可靠运行,在程序设计时,主要采用了以下抗干扰和保护措施。

3.1 数据采集误差的软件滤波

单片机控制系统是一个实时数据采集与控制系统,为了消除前向通道中的干扰信号,提高系统可靠性,系统采用了数字滤波方法,根据对所采集的数据的实际观察发现,采用算术平均值法可做到减少系统随机干扰的影响的作用。

3.2 电源运行监控系统

单片机系统为电源运行状态自我监测提供了技术保障。程序运行过程中受到干扰容易造成死循环,采用单片机内部的可编程 WATCHDOG 来监视程序运行状态。首先给出监视定时器赋初值,当程序运行进入死循环时,定时器计时时间到,而未得到重新赋值,定时器将溢出,产生中断请求进入其中断子程序进行相应处理。采用双机系统,在保证波形控制电源的实时控制要求前提下,单片机系统为电源设备的运行过程监控提供了足够的硬件资源。系统通过电源运行状态监测电路进行实时诊断,当有过电压、欠电压、过电流、过载、过热等故障信号产生时,单片机系统根据 HIS 和 EXINT 输入口产生的不同中断请求,分别进入相应中断子系统进行相应的处理。实现电源的自我保护。

4 实验研究

采用双机系统 IGBT 逆变 CO₂ 焊波形控制电源,进行了平板堆焊实验,同时测定焊接过程的飞溅率。图 4、图 5 是在焊丝直径 $D=1.2$ mm, CO₂ 气流量为 $q=15$ L/h, 焊接电流 $I=140$ A, 焊接电压 $U=19.5$ V 的规范下进行实际焊接时,采用自行研制的数据采集分析系统获得的典型焊接电流、电压曲线,以及电压、电弧声信号的功率密度谱。从图 4 中曲线可以看出,在短路初期和液桥颈缩时期所加波形控制措施比较及时有效,并且没有发生图 1 所示的熔滴过渡期加长以及波形畸变等现象,表明双 CPU 能够保证系统的控制精度和响应速度的要求。输出电流波形曲线上无明显的噪声干扰所产生的尖峰毛刺,曲线相对光滑,表明焊接过程相对比较稳定。图 5 是对焊接过程电弧声、电压信号的功率谱估计。通过谱分析认为,在电弧声信号功率密度谱(P_3)图中的高频段(约 9 kHz 处)有环境及电磁噪声的频率成分存

在,但在同期电压信号功率谱(P_U)相对应的高频段并无高频成分分布,表明所采取的抗干扰措施,可有效地防止噪声对电源及焊接过程的干扰。飞溅率测定结果表明,在相同条件下,采用双机系统电源施

焊的平均飞溅率(2.4%)比单机系统电源的平均飞溅率(2.89%)降低了约 17%。

5 结束语

焊接电源性能的稳定与可靠,是保证焊接质量的前提条件,是任何一种新型电源必须具备的最基本要求。焊接试验表明,针对电流波形控制的逆变电源的主电路、控制系统所提出的提高可靠性和抗干扰的各项措施切实可行,电源的动特性以及焊接过程的稳定性得到明显改善,而且实现了电源的自我监测和保护,为研制新型波形控制逆变 CO₂ 焊电源奠定了基础。

参考文献:

- [1] 黄石生,陆沛涛,李 阳,等.逆变焊机的应用与发展现状、趋向、问题及对策[J].电焊机,2000,30(8):11-12.
- [2] 赵家瑞.逆变焊接与切割电源[M].北京:机械工业出版社,1995.
- [3] 张瑞昌.焊接设备的电磁兼容性(EMC)及其考核[J].电焊机,1998,26(3):1-7.
- [4] 马跃洲,张鹏贤,肖果明.短路过渡 CO₂ 焊的电流波形控制探索[J].甘肃工业大学学报,2000,26(3):12-15.
- [5] Elliott K Stava.A new, low-spatter arc welding machine[J]. Welding Journal, 1993,56(1):25-29.

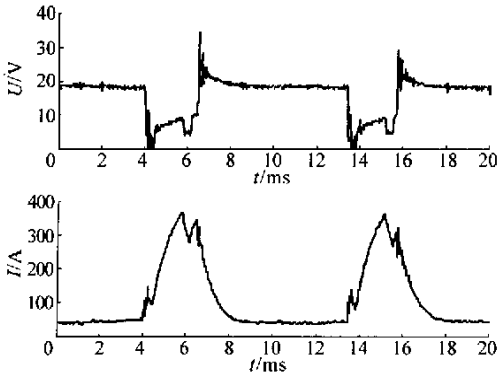


图 4 实际焊接电压、电流曲线

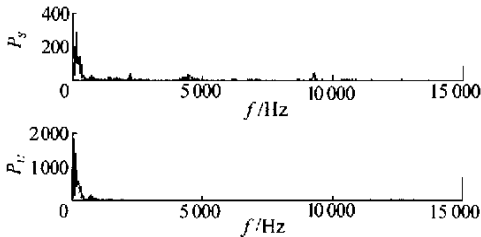


图 5 电弧声、电压信号功率密度谱

“熔焊新技术及应用研讨会”会议及征文通知

中国焊接学会熔焊工艺及设备专业委员会、计算机应用技术(CAW)专业委员会、金属焊接性及焊接材料专业委员会和中国焊接协会管道焊接专业委员会共同商定联合举办“熔焊新技术及应用研讨会”。学会、协会多专业委员会为了共同推进焊接事业的发展,联合进行活动是一种新的形式,广大焊接工作者可以更好地交流研究成果、推广应用经验,希望得到广大焊接工作者的支持,踊跃报名参加。

会议主题

熔焊新工艺;熔焊新设备;熔焊新技术;熔焊新材料;其它。

会议筹备组联络方式

联系地址:北京石油化工学院装备技术研究所(北京大兴黄村 102617)

联系人:蒋力培、杨利华

联系电话:010-69246932

传真:010-69246532

电子邮件:liper@bipt.edu.cn, sunzhg@mail.tsinghua.edu.cn

会议时间

会议初步商定在 2003 年 11 月 24-25 日在江苏省无锡市举行。

会议征文

a. 本此会议拟征集与会议主题相关的技术成果和论文,并编印论文集(免收版面费)。本次会议收录的论文将推荐给全国焊接学术会议。

b. 请论文作者于 2003 年 6 月 15 日前将论文题目、作者简介、论文摘要(200 字左右)及通讯联络方法提交会议筹备组,会议筹备组收到摘要后 1 个月内通知作者准备正文。

c. 提交方式:邮寄、传真、电子邮件均可。