

新型低能量输入电弧焊接系统的研制

张撼鹏,黄鹏飞,殷树言,白立来

(北京工业大学 机械工程与应用电子技术学院,北京 100022)

摘要:研制了由焊接电源和送丝系统两部分组成的低能量电弧焊接系统。焊接电源采用 IGBT 逆变技术,以数字信号处理器(DSP)TMS320F2812 为控制核心;送丝系统以交流伺服电机作为送丝电机,通过软件设计了焊丝运动曲线。提出了专门的送丝控制和电流波形控制方案,通过焊接参数配合焊丝运动,实现了稳定的低能量焊接过程。试验结果表明,设计的低能量电弧焊接系统取得了一致性好的理想焊接电流、电压波形,焊缝成形美观,满足低能量焊接的要求。

关键词:数字信号处理器;低能量输入焊接;推拉伸送丝

中图分类号:TG434 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2303(2007)02-0037-03

Research of new type low energy input arc welding system

ZHANG Han-peng, HUANG Peng-fei, YIN Shu-yan, BAI Li-lai

(College of Mechanical Engineering & Applied Electrons Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The low energy input arc welding system which consist of welding power source adopt IGBT inverter technology and wire feeding system contain AC servo-motor and servo-driver has been researched. By using wire motion and current wave control project which special designed, author get the steady welding process. The experimental results validate the system design, the stable and repeatable current waveforms are obtained, and the appearance of bead is excellent.

Key words: DSP; low energy input welding; push-pull wire feeding

0 前言

随着科技的进步,产品设计更趋合理,铝合金连接、镀锌钢板连接以及铝-钢(镀锌钢板)之间异种金属的连接,在汽车、集装箱制造等行业中的应用越来越多。通常这些板材都很薄,在 3 mm 以内,这就要求在焊接时降低能量输入,减少变形和改善可焊性,并保证焊接过程的稳定性。

低能量输入焊接法是一种新型的焊接方法,可以控制熔深,实现无飞溅熔滴过渡和良好的冶金连接。它将送丝与熔滴过渡过程协调起来,也就是采用推拉丝的送丝方式,当发生短路后,送丝机回抽焊丝,使焊丝与熔滴之间的液体小桥在电流较低的状态下拉断,从而使熔滴过渡无飞溅。

该方法向工件输入热量很小,短路发生时电流较小,能量输入很低,主要靠燃弧时的电弧加热输入能量。整个焊接过程在冷热交替中循环往复,对工

件的加热受到控制,工件变形极小。该法适用于薄板铝合金和薄镀锌板的焊接,还可以实现镀锌板和铝合金板之间异种金属的连接。

1 低能量电弧焊接系统的构成

本研究研制的低能量输入电弧焊接系统包括焊接电源和送丝系统两部分。通过两个系统的相互配合,达到低能量焊接的效果。整个系统的组成框图如图 1 所示。

在焊接电源中,主电路采用 IGBT 为功率开关器件的半桥逆变形式,逆变频率 20 kHz;控制电路部分包括 DSP 控制系统、电流和电压反馈控制电路、逆变驱动电路、保护电路等。其中 DSP 控制系统完成数据的采集、计算、输出等功能,是整个系统的核心部分,对 DSP 控制芯片有极高的要求。本研究采用 TI(德州仪器)公司的 DSP 工业控制芯片 TMS320F2812 作为系统的控制核心。该芯片为 32 位定点运算,CPU 频率 150 MHz;集成 16 通道 12 位的 A/D 转换器、16 位 128 k 的 FLASH 和 16 位 18 k 的 SRAM(静态存储

收稿日期:2006-08-17

作者简介:张撼鹏(1978—),男,北京人,博士,主要从事新型焊接设备及自动化方面的研究工作。

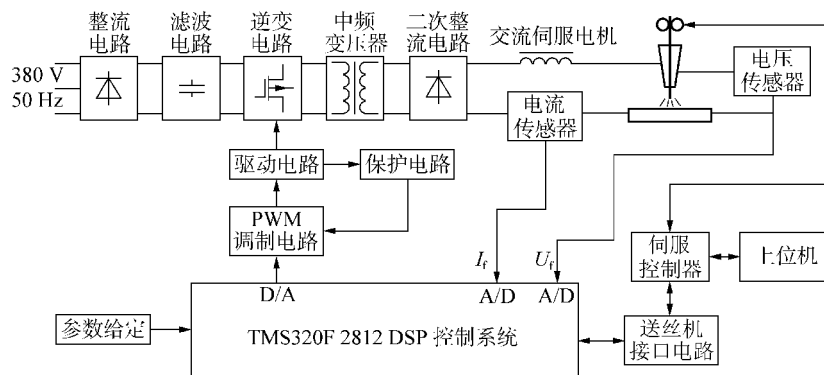


图 1 低能量电弧焊接系统框图

Fig.1 Diagram of low energy input arc welding system

器), A/D 转换速度 80 ns^[1]。另外,自行外扩了 4 路 12 位 D/A 转换芯片, D/A 转换速度 10 μs。TMS320F2812 芯片在反馈信号的采集、数据处理、运算速度、计算精度、实时控制等方面完全能满足焊接过程控制的要求,为实现焊接参数和焊接过程中能量大小与分布的精确控制、保证焊接过程的稳定奠定了基础。

送丝系统是整个低能量输入电弧焊接系统最重要的组成部分,要完成推拉丝的送丝方式,需要送丝电机频繁的正反转,对于电机及其控制要求极高。在此设计的送丝系统由伺服控制器和交流伺服电机两部分组成,通过送丝机接口电路完成伺服控制器和 DSP 之间的通信,实现在焊接过程中的实时控制。在应用时,首先在上位机中编制焊丝的运动曲线,然后下载到伺服控制器中,焊接时伺服电机按照控制器中的曲线控制焊丝完成运动。

2 波形控制

低能量焊接法采用推拉丝短路过渡的熔滴过渡方式,采用波形控制的方法使焊接参数和焊丝的运动相匹配,使焊接过程无飞溅,保证良好的焊缝成形。

2.1 送丝控制

低能量焊接法采用推拉丝短路过渡的方式,焊丝作周期性的前进-回抽往复运动。在焊接时需要根据事先设定好焊丝的运动曲线,使焊接电流、电压参数在短路/燃弧的不同状态下取不同的值配合焊丝运动,完成稳定的焊接过程。

当电机正转时,焊丝向前送进并发生短路;当根据焊丝运动曲线设定的焊丝前进时间到时,电机反转,焊丝开始回抽,拉断熔滴并完成电弧的再引燃;在燃弧前期焊丝回抽时间到,电机再次正转焊丝开始前进直到发生短路,如此周而复始。送丝方向与焊

接过程状态对应关系,如图 2 所示。

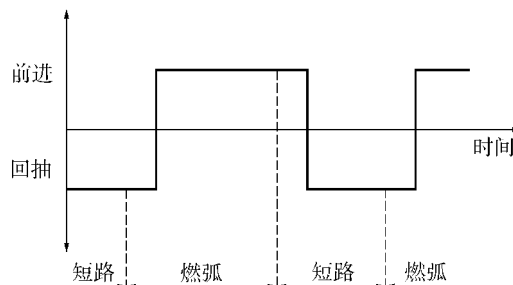


图 2 送丝方向与焊接过程状态对应关系

Fig.2 Relation diagram of wire feed direction and welding process state

图 3 为采用 Lenze 公司的 Global Drive Control 软件设计的焊丝运动曲线。图 3a、图 3b 分别为焊丝运动的位移曲线和速度曲线,频率 60 Hz,周期 16.7 ms。从图中可以看出,在 a-b 时间内(0~9.5 ms),电机正向转动,焊丝前进;在 b-c 时间内(9.5~16.7 ms),电机反向转动,焊丝回抽;其中 b 点为换相点。

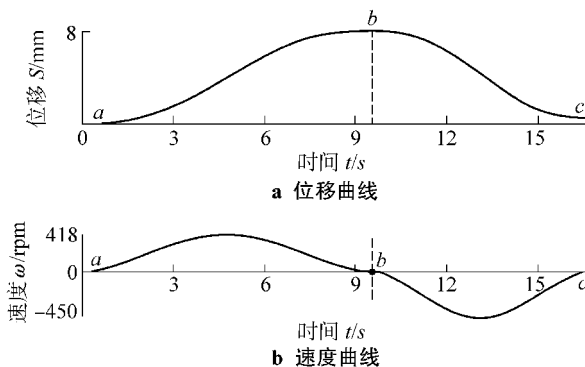


图 3 焊丝运动曲线

Fig.3 Displacement and velocities curve of welding wire movement

2.2 电流波形控制

设计了专门的电流波形控制,配合送丝控制,实现了推拉丝短路过渡下的稳定焊接过程。

图4为电流波形控制,整个周期由4段组成。其中 $a-b$ 、 $b-c$ 段为短路阶段, $c-d$ 、 $d-e$ 段为燃弧阶段。 $a-b$ 段为短路初期,这是将电流降至一个较小值 I_w ,保证短路瞬间不出现瞬时爆断,防止飞溅产生; $b-c$ 段为短路后期,此时将电流升至一个稍大值 I_h ,保证在焊丝回抽拉断熔滴瞬间电弧顺利的再引燃,而且也有利于形成颈缩; $c-d$ 段为燃弧初期,将电流迅速提升至一个较高值,保证电弧顺利的再引燃并促进形成熔滴,该电流记作脉冲峰值电流 I_{sp} ,在经过脉冲时间 T_{ap} 后到达燃弧后期,此时将电流降为基值电流 I_{ab} 直到发生短路, I_{ab} 值较低用以维持电弧燃烧并保证低的能量输入,如图4中 $d-e$ 段所示。

3 工艺试验研究

使用自行设计的低能量电弧焊接系统,应用上述的波形控制,焊接 1 mm 厚的铝合金板 3A21,采用如图3所示的焊丝运动曲线,焊丝运动频率 60 Hz,每个周期的步距 0.6 mm。

焊接试验条件为:试验板材料铝合金 3A21;试

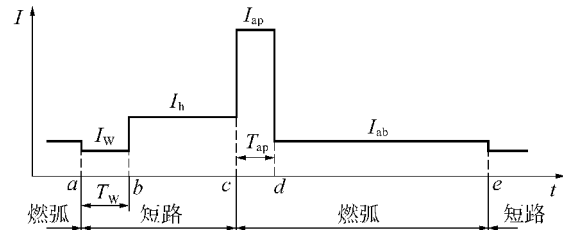


图4 焊接过程电流波形控制

Fig.4 Current waveforms control project of welding process

样大小 200 mm×50 mm×1 mm;焊丝型号 ER4043;焊丝直径 1.2 mm;保护气体 Ar;气体流量 15 L/min;平均焊接电流 46 A;平均焊接电压 12.3 V;焊接速度 0.65 m/min。

试验波形如图5所示。整个电弧焊接系统中送丝运动和焊接参数配合良好,短路过渡频率均匀、电弧稳定,焊接效果好。和普通的短路过渡相比,在短路时电流很小,降低了能量输入,熔滴靠焊丝回抽拉断,使整个焊接过程几乎无飞溅,焊缝平滑、美观(见图6),能满足低能量输入的工艺要求。

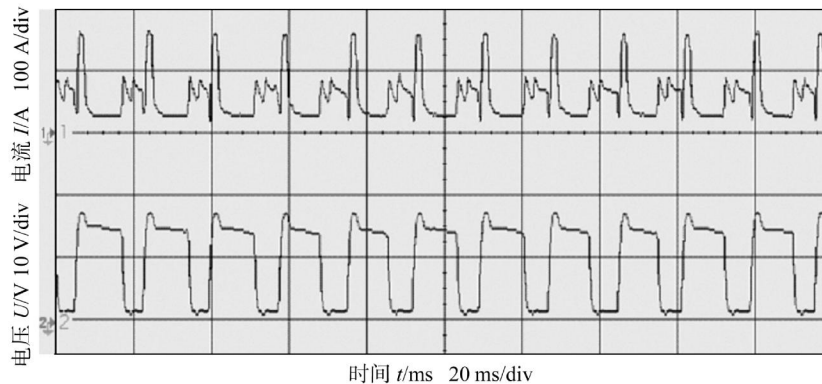


图5 低能量输入焊接电流、电压波形

Fig.5 Current and voltage waveforms of low energy input welding

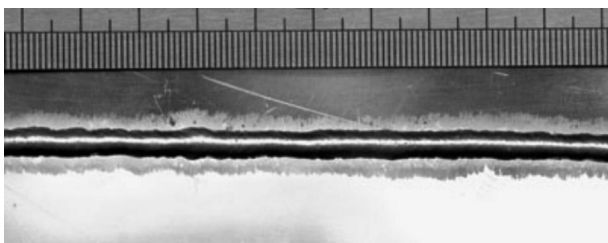


图6 焊缝成形照片

Fig.6 Fillet weld profile

4 结论

(1)设计了低能量电弧焊接系统,该系统由焊接电源和送丝系统两部分组成,根据事先设定好的焊丝运动曲线,通过焊接参数配合焊丝运动,实现了

短路后焊丝回抽拉断熔滴的推拉丝短路过渡,完成了低能量输入焊接过程。

(2)设计了专门的波形控制方案,包括送丝控制和电流波形控制方案两部分。通过两个方案的相互配合,实现了稳定的推拉丝短路过渡。

(3)工艺试验结果表明,电弧焊接系统设计方案切实可行,焊接参数和焊丝运动配合良好,焊接过程电流小、电压低、弧长稳定、焊缝平滑美观,满足了低能量输入焊接的要求。

参考文献:

[1] 苏奎峰,李强,耿庆峰,等.TMS320F2812 原理与开发[M].北京:电子工业出版社,2005:11-14.