

基于数字焊机的脉冲电弧控制研究

王磊, 田松亚, 李灵, 尚于杰

(河海大学 机电工程学院, 江苏 常州 213022)

摘要: 通过对脉冲 MAG 焊和脉冲 MIG 焊进行研究, 利用焊机自身的功能, 在相同的焊接电流和焊接电压条件下, 调整焊机的脉冲特性; 且在相同的脉冲特性下, 调整焊接电流和焊接电压, 从而获得了电弧宽度与脉冲特性、焊接电压、焊接电流及脉冲波形占空比的关系。试验结果表明: 焊接电流和焊接电压相同时, 电弧宽度随着脉冲特性的增大而增大; 脉冲特性相同时, 电弧宽度随着焊接电流和焊接电压的增大而增大。

关键词: 脉冲特性; 电弧宽度; 焊接电流; 焊接电压; 占空比

中图分类号: TG457.11

文献标志码: A

文章编号: 1001-3938(2012)06-0022-04

Research on Pulse Arc Control Based on Digital Welding Machine

WANG Lei, TIAN Song-ya, LI Ling, SHANG Yu-jie

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Hohai University, Changzhou 213022, Jiangsu, china)

Abstract: In the study of pulse MAG welding and pulse MIG welding, using the function of the welding machine itself, the connections between arc width and pulse characteristics, welding voltage, welding current and duty cycle of pulse waveform were obtained when the pulse characteristics being regulated with the same welding current and welding voltage or the welding current and welding voltage being regulated with the same pulse characteristics. The results showed that with the same welding current and welding voltage, arc width increased with the enlargement of pulse characteristics and in the same pulse characteristics, arc width enlarged with the enlargement of welding voltage and welding current.

Key words: pulse characteristics; arc width; welding current; welding voltage; duty cycle

0 前言

脉冲焊接是目前广泛应用的一种焊接方法。与恒流焊接相比, 脉冲焊接电流呈周期性变化, 其电弧稳定, 热输入量小, 便于控制电弧能量的分布, 利于焊件组织中晶粒的细化, 且可用于焊接薄板及可焊性较差的金属^[1]。

关于脉冲焊接电弧, 国内很多学者集中于其稳定性的研究, 即通过目前比较先进的焊接电源获得稳定的钟罩形电弧^[2], 并且只局限于描述电弧现象。国外已经有学者针对脉冲电弧特性做了一定的研究, Ghosh 等人为研究电弧形态随焊丝直径和电弧电压的变化规律, 定义了一个无量纲

的公式 $\phi = (I_b/I_p) f t_b$ ^[3]。

本研究主要针对在脉冲 MAG 焊和脉冲 MIG 焊条件下, 电弧宽度随脉冲频率、峰值电压、峰值电流和峰值时间等参数的变化规律所做的研究, 从而达到在合理的焊接参数条件下, 调节电弧宽度, 获得良好的焊接工艺性能的目的。

1 全桥软开关式脉冲 MIG 焊和 MAG 焊的工作原理

笔者主要针对全桥软开关式脉冲 MIG 焊和 MAG 焊进行研究, 其系统框图如图 1 所示^[4]。工作原理是: 从电网输入工频为 50 Hz 的三相交

流经桥式整流得到直流电，经滤波后将直流电送给逆变器，此时 PWM 信号驱动逆变器 IGBT 的开关，使得该直流电转变为高频交流电，再通过高频变压器的二次端输出低压电流，经整流后产生直流电用于焊接。

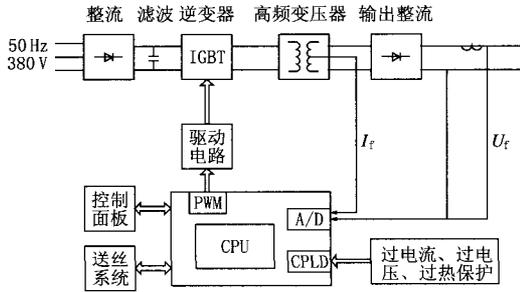


图 1 数字化焊机的系统框图

焊接过程中的电流和电压通过主控板反馈给 CPU，判断焊接状态，判断完成后以高低电平的形式送给 CPLD。当电流和电压过高使其过热时，CPLD 没有驱动信号输出，IGBT 关断，焊接停止。当正常焊接时，反馈电压信号通过 A/D 转换器送给 CPLD，控制 PWM 输出信号之间的相位差，从而达到调节 IGBT 开通时间的占空比，改善焊接过程的目的。

2 电子电抗器电路

系统框图中的焊接电流、焊接电压、CPU 和 PWM 信号通过电子电抗器电路进行信号传递，其电路如图 2 所示。工作原理是：焊枪闭合后引弧成功前，CPU 将电流反馈信号送给电流反馈电路，电流反馈信号与电流给定信号进行比较后，判断其是否为引弧状态，若为引弧状态，则将 IGBT 开通，时间占空比调至最大，从而实现高电压引弧过程。引弧成功后，焊接过程分为燃弧和短路 2 个状态。在燃弧状态时，CPU 将

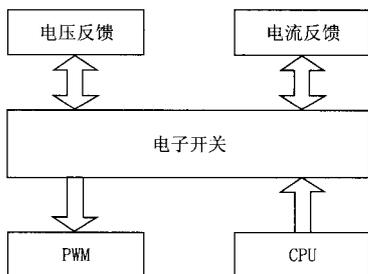


图 2 电子电抗器电路

输出信号送给电压反馈电路，而在短路状态时，CPU 将输出信号送给电流反馈电路，经过电压反馈电路和电流反馈电路输出的信号，利用电子开关的开通与关断将其中一个送给 CPLD，从而控制 IGBT 开通时间的占空比，达到改善焊接过程的目的。

3 脉冲 MAG 焊与 MIG 焊焊接电弧的分析

3.1 试验方法

试验所用的电焊机为数字焊机，分别进行了 $\phi 1.2 \text{ mm}$ 、 $\phi 1.4 \text{ mm}$ 和 $\phi 1.6 \text{ mm}$ 的实芯碳钢脉冲 MAG 焊，以及 $\phi 1.2 \text{ mm}$ 和 $\phi 1.4 \text{ mm}$ 的实芯不锈钢脉冲 MIG 焊。在电子电抗器电路 CPU 信号输出、电流反馈、电压反馈和 PWM 信号输出端接上示波器，通过调节数字焊机脉冲特性旋钮 ($-15 \sim +15$)，利用焊机自身的功能（随着脉冲特性的增加电弧收缩），获得焊接过程中脉冲频率、脉冲波形占空比与电弧宽度的关系，以及反馈电流的波形。

3.2 试验结果与分析

3.2.1 脉冲频率对电弧宽度的影响

在脉冲 MIG 焊和 MAG 焊焊接过程中，通过改变脉冲特性或焊丝直径的值，利用示波器在电子电抗器处测量的 CPU 输出信号波形，获得在不同焊接电流和焊接电压下的脉冲频率（如图 3 所示）。焊接电流为 250 A ，电压为 25 V ， $\phi 1.2 \text{ mm}$ 的实芯碳钢 MAG 焊时，脉冲频率随着脉冲特性的增加而增加。

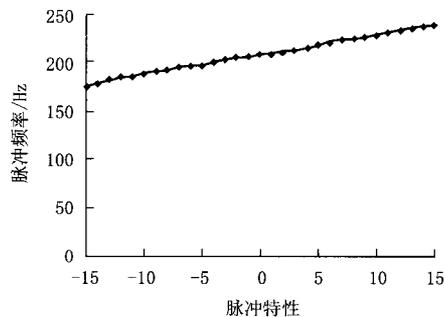


图 3 固定参数下脉冲特性与脉冲频率的关系

随着脉冲特性的增加，电弧收缩，其原因是：从电流反馈的波形看，由于电流跃变时电弧的宽度无法同步发生变化，电流脉冲跃变时会产生一个小尖峰。随着电流脉冲频率的提高，在单

位时间内尖峰部分所占的时间延长。由于变化的电场产生磁场,在脉冲跃变时产生自磁压力^[5],所以电弧的宽度变窄。电流在磁场中的受力为

$$F=K\frac{i_2}{r}i_1l_1\sin\theta \quad (1)$$

式中: K —比例常数;

i_2, i_1 —焊接过程中熔滴内部电流(如图4所示);

r —电弧距 l_1 的距离;

l_2, l_1 —焊接过程中熔滴内部模拟电流导线长度;

θ —电流与磁场方向的夹角。

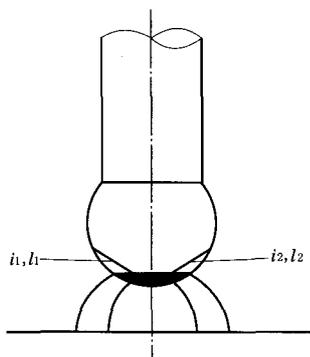


图4 焊接过程中熔滴示意图

当单位时间内小尖峰部分所占的时间延长,并且 l_2, l_1 长度和 θ 不变时, i_2 和 i_1 的值变大,由公式(1)可知 F 变大。电流尖峰部分所占的时间越长,脉冲跃变时产生的自磁压力越大,电弧的宽度就越窄。因此,电弧的宽度会随着脉冲频率的增大而减小。

3.2.2 脉冲频率与焊接参数对电弧宽度的影响

在焊丝 $\phi 1.2$ mm, 材质为实芯碳钢的脉冲MAG焊条件下,通过改变焊接电流电压参数,获得的脉冲频率与脉冲特性的关系如图5所示。

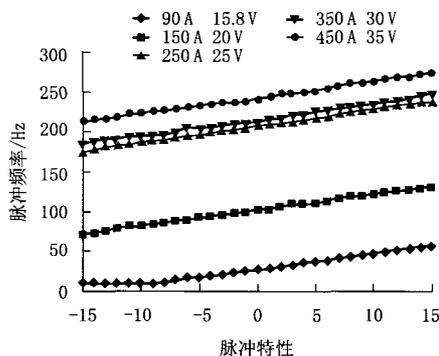


图5 不同焊接参数下脉冲特性与脉冲频率的关系

脉冲特性相同时,脉冲频率随着焊接电流的增大而增大。这是由于随着焊接电流的增大,脉冲频率的占空比增大。脉冲特性为0,焊丝为 $\phi 1.2$ mm, 材质为实芯碳钢的脉冲MAG焊在电流为250 A, 电压为25 V条件下的CPU输出波形如图6所示。脉冲频率的占空比增大,焊接电流和电压也跟着增大。随着峰值电压、峰值电流、峰值时间的增大,脉冲能量也增大,从而焊丝的熔化速率和熔滴的尺寸增大。并且电弧弧柱区温度也随着增大。电弧弧柱径向温度分布式^[6]为

$$T=T_0-\frac{EI}{2\pi K}\ln\frac{r}{r_0} \quad (2)$$

式中: T_0 —基准温度;

r_0 — T_0 时电弧弧柱直径;

E —电场强度值;

I —焊接电流。

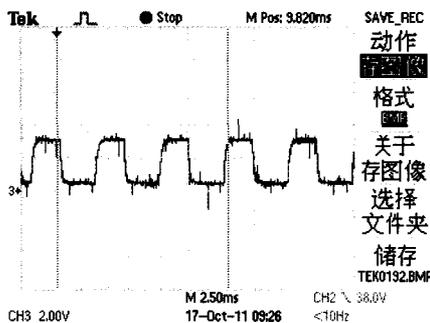


图6 电流为250 A, 电压为25 V时的脉冲频率

在脉冲特性、焊丝直径、材质和焊接种类不变时,随着峰值电流和电压的增大,即式(2)中的 I 和 E 增大,从而使到达某一温度值时的 r 增大,电弧的弧宽增大,高温区向外围扩展^[7]。

同时,随着峰值电流的增大,自磁附加压力也跟着增大,但是自磁附加压力的增大不足以克服高温区扩展所引起的电弧宽度增大,所以通过增加脉冲频率的方式来增大自磁附加压力,从而达到使焊接获得良好的电弧宽度的目的。

3.2.3 阶跃产生的原因

在焊接过程中,电流反馈由基值向峰值过渡时,出现尖峰,如图7所示。其原因是:在中频焊接时,电流反馈由2个过程组成,基值电流向峰值电流转变和峰值电流向基值电流转变。基值电流在基值时间内是一个稳定的状态,峰值电流在峰值时间也是一个稳定的状态。脉冲电弧从一

种稳定的状态向另一种稳定的状态过渡时,必然出现一个非稳定的状态,即出现尖峰^[8]。这是电弧本身的特性。

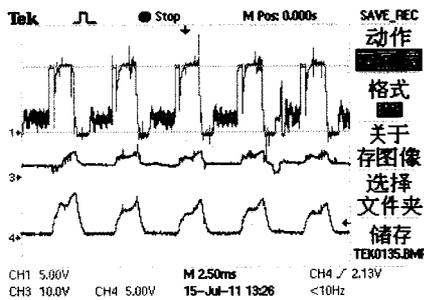


图7 电流 172 A, 电压 20.4 V, PWM 脉冲、电压反馈和电流反馈波形

4 结 论

(1) 根据电磁学理论,变化的电场产生磁场,随着脉冲频率的增大,其自磁附加压力也增大,从而导致电弧的宽度变窄。

(2) 在脉冲特性相同的条件下,焊接电压和焊接电流增大,所需的脉冲频率也增大。

(3) 反馈电流尖峰的产生原因是在中频焊接时,稳定状态的基值电流向稳定状态的峰值电流

过渡时的非稳定状态产生的。

参考文献:

- [1] 石玢,郭朝博,黄健康,等.脉冲电流作用下 TIG 电弧的数值分析[J].物理学报,2011,60(04):1-7.
- [2] 丁韦,侯启孝,董玲萱.铝合金脉冲 MIG 焊电弧稳定性[J].焊接学报,1996,17(02):115-121.
- [3] GHOSH P K, DORN L, HUBNER M, et al. Arc Characteristics and Behavior of Metal Transfer in Pulsed Current GMA Welding of Aluminum Alloy[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 194(1-3):163-175.
- [4] 张根元,李婧,吴冬春,等.基于 DSP 的数字化焊机[J].电焊机,2006,36(08):18-21.
- [5] 赵家瑞. 电流脉冲频率对 TIG 焊电弧影响机理的研究[J].电焊机,1993(02):16-18.
- [6] 安藤弘平,长谷川光雄.焊接电弧现象[M].施雨湘,译.北京:机械工业出版社,1985.
- [7] 陆志强,华学明,李芳,等.铝合金 P-MIG 焊接电流对电弧形态的影响[J].焊接学报,2009,30(12):105-108.
- [8] 赵家瑞,李义丹,等.高频脉冲 TIG 焊的电弧控制及高频效应[J].天津大学学报,1989(03):25-32.

作者简介:王磊(1988—),男,江苏盐城人,硕士,主要从事逆变焊机和电力电子的研究。

收稿日期:2011-12-12

编辑:张 歌

专 利 技 术

专利名称:一种用恒电位电解法测量焊管沟槽腐蚀的方法

专利申请号:CN200910197657.0

公开号:CN102042951A

申请日:2009.10.26 公开日:2011.05.04

申请人:宝山钢铁股份有限公司

一种用恒电位电解法测量焊管沟槽腐蚀的方法,步骤如下:获得包括焊管内焊缝的大小为(10~100)mm(垂直焊缝方向)×(10~100)mm(平行焊缝方向)×(2~20)mm(焊缝深度方向)的试样,环氧树脂镶封,测试面打磨抛光,Ra 值为 0~5 μm;极化曲线测试;加速电位优选:(E_{corr}+40 mV)~(E_{corr}+200 mV);沟槽腐蚀系数测试;通过金相比图测量或者千分尺直接测量获得焊管产品相应的沟槽腐蚀系数。根据本发明的用恒电位电解法评价焊管沟槽腐蚀敏感性的方法,基于“焊管焊缝材料的腐蚀电位在温度、溶液成分、浸泡时间均确定的情况下是稳定唯一的”这一特性,通过测量焊缝试样的极化曲线,得到其实际腐蚀电位,进而优化加速电位,从而使沟槽腐蚀系数测量的准确性和可靠性极大提高。

专利名称:冲孔高频焊管机组

专利申请号:CN201010531746.7

公开号:CN102029524A

申请日:2010.10.27 公开日:2011.04.27

申请人:大连三高重工设备有限公司

本发明属于制造带孔钢管的设备,特别涉及一种冲孔高频焊管机组;包括冲压机,其特征在于:按冲孔高频焊管连续生产工艺装置由开卷机、步进送料装置、冲孔装置、成型机、高频焊接装置和定径装置组成的冲孔高频焊管生产机组;支撑在该开卷机上的被加工带板经步进送料装置送入冲孔装置进行冲孔;冲孔后的被加工带板通过成型机的驱动机构驱动进入由底座、多个立辊机架和多个水平辊机架组成的管坯成型的成型机;继管坯成型的成型机后装置由水冷箱、电控箱和高频线圈组成的高频焊接装置,经高频焊接后的焊管进入定径装置。本发明不仅设计合理,结构紧凑,而且实现机械化,具有生产效率高,产品质量好,劳动强度低,操作安全以及使用十分方便等优点。

(杭 情 供稿)