

单电源脉冲热丝TIG焊的研究

肖笑,陈克选,宋聚海,王晓非

(兰州理工大学 材料科学与工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:介绍了单电源脉冲热丝TIG弧焊电源,在主电路中,焊接电源与热丝电源共用一个电源,采用80C196KC单片机作为控制系统核心。根据单电源脉冲热丝TIG弧焊电源的特点,设计了焊丝加热试验,即分别对焊丝进行直流、脉冲加热,利用所得到的参数模拟热丝TIG焊接时的焊丝加热过程,从而验证参数的合理性;最后通过对不锈钢板进行低频脉冲热丝TIG焊堆焊试验,证明了试验参数有很好的适用性。

关键词:热丝TIG焊;单电源;脉冲加热

中图分类号:TG444

文献标识码:A

文章编号:1001-2303(2009)06-0038-04

Research on pulsed hot wire TIG welding with single power source

XIAO Xiao, CHEN Ke-xuan, SONG Ju-hai, WANG Xiao-fei

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

Abstract: The pulsed hot wire TIG welding with single power source is introduced. In the main circuit, welding power source and hot wire power source were in the same one, the core of control system is 80C196KC. Then, wire heating experiment is designed according to the character of single power source. The wire is heated by DC and pulse current respectively, wire heating process of the pulsed hot wire TIG welding is simulated, using the parameter obtained. The reasonable of parameter is verified. Finally, the applicability of parameter is proved through the test of surfacing welding on stainless steel with low frequent hot wire TIG power source.

Key words: hot-wire TIG welding; single power source; pulse heating

0 前言

热丝TIG焊是在传统TIG焊的基础上发展起来的一种优质、高效、节能的焊接新工艺。其中单电源脉冲热丝TIG焊已成为热丝TIG焊的发展趋势。传统的TIG焊由于其电极的载流能力有限,电弧功率受到限制,焊缝熔深浅,焊接速度低^[1],尤其是中等厚度的焊接结构,需要开坡口和多层焊。因此,其使用受到一定限制。多年来,许多研究都集中在如何提高TIG焊的焊接效率。热丝TIG(Hot-Wire TIG)焊是一种优质、高效的焊接工艺,它加快了填充丝的熔化速度,提高了熔敷率,调整了焊接熔池的热输入量,降低了母材的稀释率,扩大了焊接工艺方法的适应性和应用范围,具有较高的经济价值。目前已在锅炉、压力容器、高压管道、海洋采油装备、石化装置、航空航天工程和军械制造等高端工业部门

用于碳钢、低合金钢、高合金钢、不锈钢和镍基合金等重要焊接部件的焊接。热丝TIG焊在欧美等工业发达国家已得到普遍应用,并引起国内广大焊接工作者的广泛关注和重视。

1 单电源脉冲热丝TIG焊电源

1.1 热丝TIG焊原理

热丝TIG焊是将焊丝在送进熔池前,由加热电源通过导电块加热焊丝干伸长部分,通过焊丝伸出部分电阻效应产生热量,将焊丝加热至预定温度,提高熔敷效率^[2]。热丝TIG焊具体接法是:TIG焊枪和焊丝加热端接负极,工件接正极^[3]。焊枪和送丝成40°~60°倾角,焊丝加热长度为10~30 mm,填充焊丝必须始终伸入熔池。

1.2 单电源脉冲热丝TIG弧焊电源

热丝TIG焊机由氩弧焊电源、预热焊丝的加热电源、送丝机构以及控制协调以上三部分的控制电路组成。

收稿日期:2009-05-19

作者简介:肖笑(1984—),女,河南洛阳人,硕士,主要从事数字化逆变电源的研究工作。

传统的热丝 TIG 弧焊电源均采用双电源,即将氩弧焊电源和预热焊丝的附加电源分开,氩弧焊电源用于控制 TIG 焊接过程,预热焊丝的附加电源用于加热焊丝,两者相互独立,分别控制。而本研究采用的是单电源热丝 TIG 弧焊电源,即氩弧焊电源和预热焊丝的附加电源是一个整体。为了获得稳定的焊接过程,主电源可采用低频脉冲电源。在基值电流期间,填充焊丝通入预热电流加热焊丝,脉冲电流期间熔化焊丝,电流波形如图 1 所示。这种方法不仅可以减小磁偏吹,还可以减小热输入量,同时,脉冲电流频率可以提高到 100 Hz 左右。

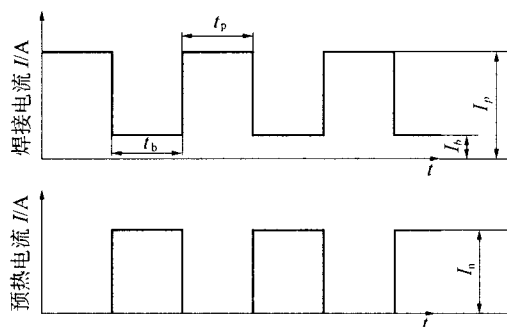


图 1 焊接电流波形

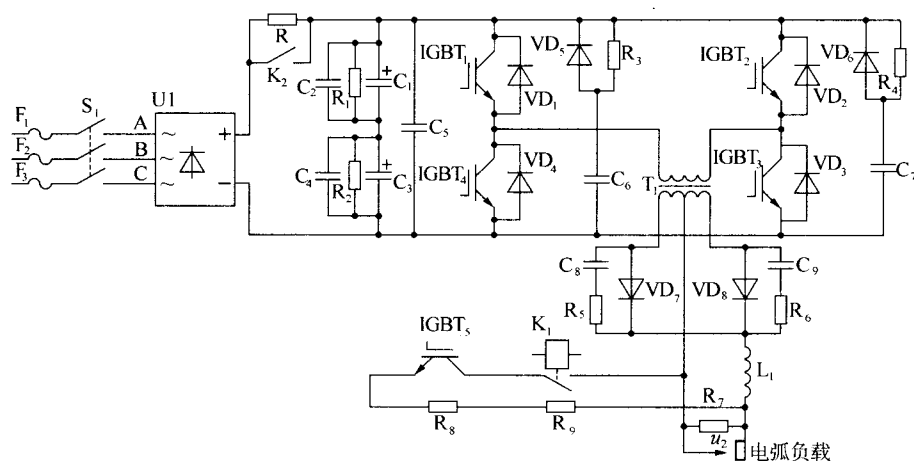


图 2 主电路原理

焊丝加热电路由 R_8 、 R_9 、IGBT₅ 和 K_1 组成。功率电阻 R_8 用来调整焊接电路与热丝电路的电流,保证在基值期间维持焊接电弧。 R_9 为加热段焊丝等效电阻,开关管 IGBT₅ 用于控制焊丝加热。在基值电流期间,开关管导通,填充焊丝通入预热电流;脉冲电流期间,开关管截止,焊丝熔化。高频引弧时,会对 IGBT₅ 造成危害,继电器 K_1 在引弧时断开,在引弧结束后闭合,以保护 IGBT₅。

采用双电源热丝 TIG 弧焊电源,焊接过程中的参数与热丝参数分别调节,焊接过程的不稳定性会使焊接参数实时变化,而热丝参数并未发生相应的变化,不利于焊缝成形。更重要的是双电源热丝 TIG 弧焊电源不容易实现热丝电源与氩弧焊电源的脉冲同步。而采用单电源可以很好地解决这些问题。因此,单电源脉冲热丝 TIG 弧焊电源代表了热丝 TIG 弧焊电源的发展方向。

单电源脉冲热丝 TIG 焊接电源在主电路中采用可切换的开关管,使弧焊电源在满足焊接要求的同时满足热丝电源的要求。弧焊电源采用较为常用的 AC→DC→AC→DC 的逆变模式。主电路主要由四部分组成:整流电路、逆变电路、高频变压器、焊丝加热电路。其工作过程为:电网中三相交流电首先经整流桥整流为脉动的直流电,经电容滤波后变成平滑的直流电,再经开关管 IGBT₁、IGBT₂、IGBT₃、IGBT₄ 的轮流导通逆变成高频方波交流电;经高频变压器降压,由输出整流器整流及电抗器滤波输出直流脉冲,一部分电流供给电弧,一部分电流用于加热焊丝。在基值电流期间,加热焊丝的同时维持电弧,在脉冲电流期间,电流只用于 TIG 焊接。其电路如图 2 所示。

弧焊电源的控制电路包括两个核心:一是基本控制电路,即以集成 PWM 控制芯片为核心的脉宽调制电路,用于控制功率变换器的输出电流;二是以 MCS-96 系列单片机的 80C196KC 为核心的中心控制电路,用于焊接参数的设置与调节,并提供方便的人机界面,根据不同的焊接要求来实现各种焊接方法以及焊接时序的控制。

控制系统软件主要包括主程序和脉冲特性控

制子程序、PI 控制子程序、显示子程序、引弧熄弧控制子程序和中断服务子程序。中断服务子程序主要用于过/欠电压、过电流、过热保护以及 A/D 转换的起动与采样。其中,脉冲控制子程序解决了热丝电流与焊接电流的同步问题,其流程如图 3 所示。

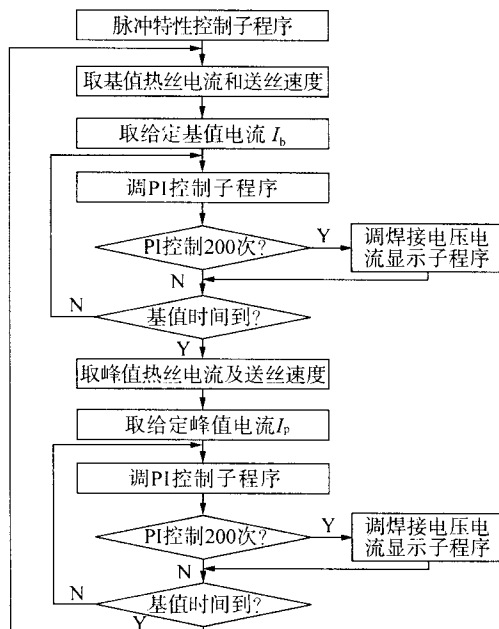


图3 脉冲控制子程序流程

2 热丝 TIG 焊焊丝加热试验

热丝 TIG 焊的焊接工艺参数相对较复杂,除了主电弧的参数外,还需设置和调整热丝的电参数。采用单电源脉冲热丝 TIG 焊对热丝参数有特殊要求。由于热丝电源与焊接电源共用一个电源,则热丝电源的最大电压为焊接电压,且在加热焊丝的同时还要维持焊接基值电流。所以,单电源脉冲热丝 TIG 焊的热丝参数受到一定的限制,与双电源热丝 TIG 焊相比,其电压更小,电流更大。基于此,设计了以下的焊丝加热试验,对热丝工艺进行研究。

影响焊丝加热的主要因素有热丝电流、热丝电压、送丝速度、焊丝的表面散热以及焊接电弧对焊丝的辐射传热。其中前三项是主要影响因素,焊接电弧对焊丝的辐射传热和焊丝与工件的角度及焊丝插入熔池的位置有关,当焊丝位置和角度固定时,电弧对焊丝的辐射能量与焊接电流几乎成正比^[4]。因此,可以通过研究焊丝加热能量 P 和焊丝熔化速度 v 的关系,得到合适的脉冲热丝焊接参数。

试验在没有电弧的情况下加热焊丝,送丝速度与焊丝熔化速度相等,以保证焊丝始终与熔池接触。

试验所用的焊丝为 H08MnA,焊丝直径为 $\phi 1.6$ mm。先对焊丝进行直流加热,调整热丝电流,直至焊丝接近熔化状态,根据试验数据,可以得到焊丝加热能量和焊丝熔化速度的关系;然后对焊丝进行低频脉冲加热,同样可以获得焊丝加热能量和焊丝熔化速度的关系;最后根据低频脉冲加热的能量关系曲线,计算出一组焊丝加热参数,模拟焊接过程中焊丝的送进过程,验证所得到的能量关系曲线。

2.1 直流加热焊丝试验

分别对于伸长 $e=15$ mm、20 mm、25 mm、30 mm 的焊丝进行加热,根据测得的试验数据,绘制直流焊丝加热能量和焊丝熔化速度的曲线如图 4 所示。

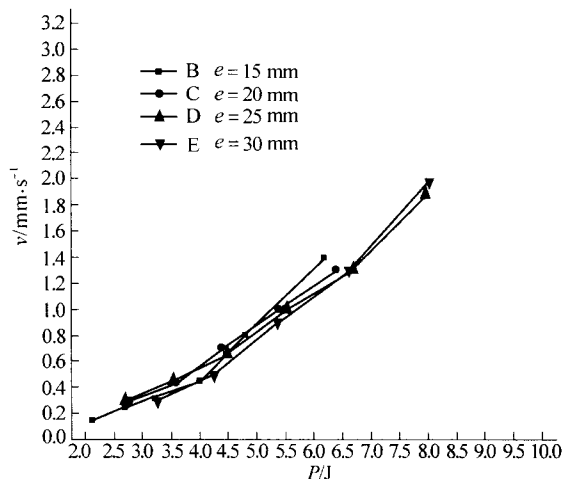


图4 直流加热焊丝 $P-v$ 关系

从图 4 中可以看出,焊丝加热能量和焊丝熔化速度基本成指数关系,通过拟合得到的曲线方程为

$$v=0.11e^{P/2.83}$$

式中 P 为能量(单位:J); v 为速度(单位:mm/s)。

2.2 脉冲加热焊丝试验

在频率 $f=0.5$ Hz、1 Hz、2 Hz 的条件下,分别对于伸长 $e=20$ mm、30 mm 的焊丝进行脉冲加热试验。试验参数可以参考直流热丝试验所拟合出的曲线方程。

试验中占空比均设为 50%。根据测得的试验数据, $e=20$ mm 时得到的脉冲焊丝加热能量和焊丝熔化速度的关系如图 5 所示, $e=30$ mm 时得到的脉冲焊丝加热能量和焊丝熔化速度的关系如图 6 所示。

从图中可以看出,焊丝加热能量和焊丝熔化速度基本成直线关系。拟合得到的曲线方程为

$$v=0.75+1.25f+0.56P$$

式中 P 为能量(单位:J); v 为速度(单位:mm/s); f 为频率(单位:Hz)。

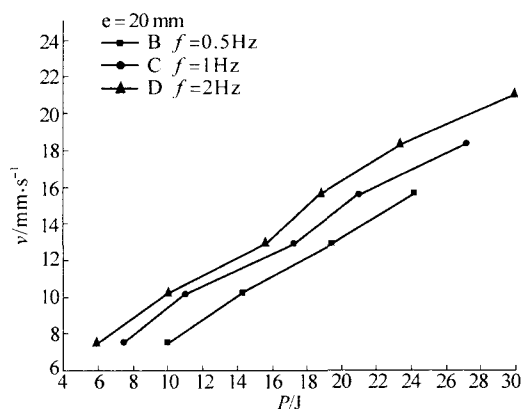


图 5 $e=20\text{ mm}$ 脉冲加热焊丝 $P-v$ 关系

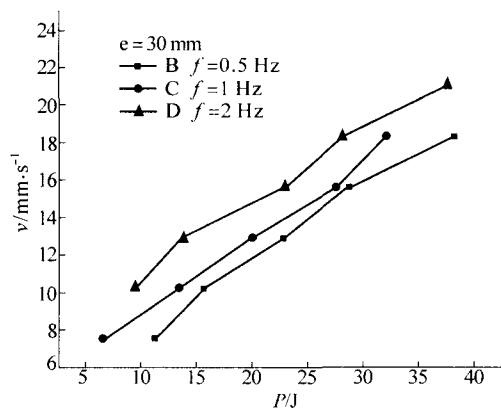


图 6 $e=30\text{ mm}$ 脉冲加热焊丝 $P-v$ 关系

焊丝熔化速度与加热能量和频率有关, 且与直流加热焊丝时的曲线关系不同, 主要原因是脉冲加热比直流加热散失的能量更少。

2.3 送丝加热试验

为了验证脉冲加热焊丝试验所拟合的方程, 用送丝机以一定的速度送进焊丝, 模拟焊接过程中脉冲热丝。选择 $e=20\text{ mm}$, 在频率分别为 0.5 Hz 、 1 Hz 、 2 Hz 时进行送丝加热试验, 根据测得的试验数据, 所得的焊丝加热能量和焊丝熔化速度的关系如图 7 所示。

可以证明曲线方程与脉冲静止加热时基本相符。因此, 在低频单电源脉冲热丝 TIG 焊时, 热丝参数可以根据方程 $v=0.75+1.25f+0.56P$ 来确定送丝速度与焊接能量的关系。对不锈钢板进行的堆焊试

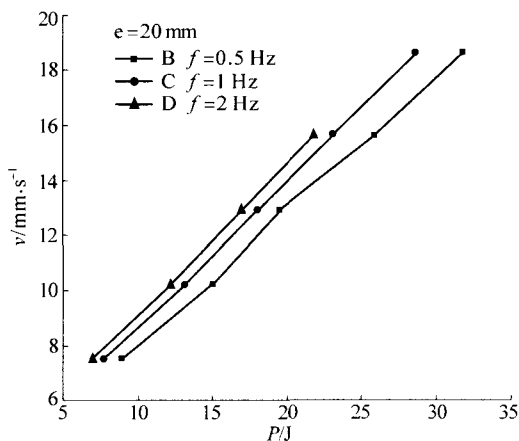


图 7 焊丝加热能量和焊丝熔化速度的 $P-v$ 关系

验证明, 所得到的试验参数有很好的适用性。同时, 为电路中参数的设计提供了依据。

3 结论

(1) 该研究采用单电源脉冲热丝 TIG, 在满足脉冲 TIG 焊供电要求的同时可满足焊丝加热的要求。以单片机为核心的控制电路实现了热丝电流与焊接电流的同步, 是一种理想的热丝 TIG 焊接电源。

(2) 在低频脉冲加热焊丝时, 可以根据 $v=0.75+1.25f+0.56P$ 来确定焊丝加热的参数。试验确定的工艺参数匹配合理, 重复性好, 可用于指导生产。

(3) 工艺试验得到的参数满足了单电源热丝 TIG 焊对热丝工艺的要求, 为电路中参数的设计提供了依据。

参考文献:

- [1] 汤建峰. 热丝 TIG 焊在转炉汽化冷却烟道制造中的应用[J]. 电焊机, 2009, 39(4): 141-143.
- [2] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册(第三版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [3] 李磊. 石油钻采阀门内壁热丝 TIG 堆焊[J]. 电焊机, 2005, 35(11): 49-51.
- [4] Katsuyoshi, Hiroshi, Toshiharu. Development of hot wire TIG welding methods using pulsed to heat filler wire—Research on pulse heated hot wire TIG welding processes[J]. Quarterly Journal of the Japan Welding Society, 2003, 21(3): 362-373.

普通低合金结构钢的分类

普通低合金结构钢可分为强度用钢和特殊用钢两大类。强度用钢的特点是强度高, 塑性和韧性好, 而且有良好的焊接性能。强度用钢按屈服点的大小, 分为 300 、 350 、 400 、 450 、 500 、 550 – 600 MPa 六个级别。如常用的 16Mn 钢属于 350 MPa 级, 18MnMoNb 钢属于 500 MPa 级。特殊用钢可分为耐蚀钢、低温钢、珠光体耐热钢三大类。如电站设备中广为使用的 15CrMo 、 12Cr1MoV 钢即为珠光体耐热钢。