



直流脉冲MIG焊机系统及其焊接电弧

Control System and Welding Arc for DC Pulse MIG Welder

沈阳工业大学材料科学与工程学院 杭争翔 黄 雪 常朝晖

摘 要：直流脉冲MIG焊机其IGBT逆变控制输出焊接电弧电流及电压，单片机控制系统完成焊接参数控制、焊接程序控制、以及焊接条件设置及焊接参数设置等控制任务；控制系统还包括送丝控制系统、IGBT驱动电路及保护电路等。本文采用高速摄像及焊接电流电压波形测试研究表明，直流脉冲MIG焊机焊接铝合金的一脉一滴熔滴过渡稳定；焊接铝合金试验表明，焊接过程稳定，达到了良好的焊接质量。

关键词：脉冲MIG；逆变；单片机控制；电弧；高速摄像；焊接试验

直流脉冲MIG焊接技术是当前焊接工程中应用广泛的高效焊接技术，研究发展直流脉冲技术及直流脉冲MIG焊机是扩大应用这种焊接技术的基础。近年来焊接行业一直非常重视直流脉冲MIG焊技术及新型焊机的研究开发工作。研究开发新型直流脉冲MIG焊机，其弧焊电源电力电路由晶闸管控制向IGBT控制发展，其控制核心由分立元器件控制向单片机控制发展，控制技术不断发展提高展现了焊接技术的先进性。正是如此，直流脉冲MIG焊接技术得到不断发展^{[1]-[10]}。

本文开发设计了以单片机为控制核心的逆变式直流脉冲MIG焊机，结合焊接试验、高速摄像、焊接电流电压参数检测及波形测试，研究了直流脉冲MIG焊机的结构、控制技术及其焊接性能。

1 直流脉冲MIG焊机构成及控制系统

直流脉冲MIG焊机系统构成如图1所示，主要由弧焊电源、单片机控制系统、送丝驱动系统、气阀驱动电路

等部分构成。直流脉冲MIG焊机的弧焊电源电力电路采用IGBT逆变变流控制技术，焊接条件设置及焊接参数设置、焊接参数控制、焊接程序控制等采用单片机控制。可选择采用脉冲电流焊接或无脉冲电流焊接，采用脉冲电流焊接可实现稳定的一脉一滴的熔滴过渡方式。具有一元化调节功能，可以方便调节焊接参数。具有焊接电流（送丝速度）、焊接电压预设功能。可适应全位置焊接及重要结构件焊接。可

以焊接铝及其合金，也可以焊接碳钢、不锈钢等金属材料。

弧焊电源电力电路主要由接触器KM、三相整流桥、滤波电容（ C_1 、 C_2 ）、均压电阻（ R_1 、 R_2 ）、全桥逆变电路（由IGBT₁~IGBT₄构成）、逆变变压器、带变压器中心抽头的整流电路（由VD₁、VD₂构成）、滤波电感L、电流变换电路、电压变换电路等构成。三相380V交流电经接触器KM送入三相整流桥整流，其整流输出电压经滤波

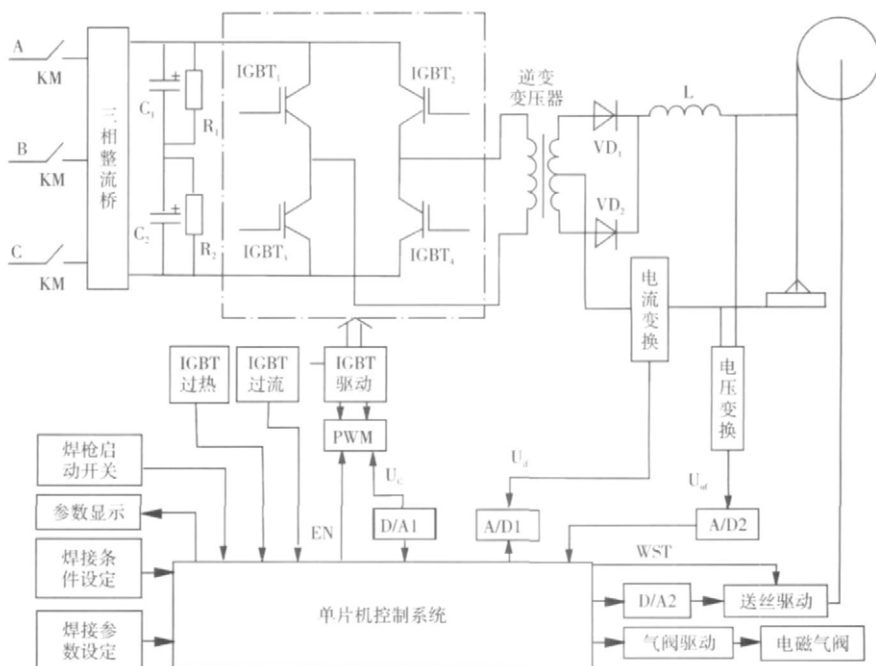


图1 脉冲MIG焊机控制系统基本构成

作者简介：杭争翔（1961-），男，教授，博士，主要从事焊接工艺及焊接自动化等方面的研究工作。



电容 (C_1 、 C_2) 滤波以后输出540V直流电压, 该电压就是全桥逆变电路的直流电压。均压电阻 R_1 与 C_1 并联、 R_2 与 C_2 并联, 这样使得 C_1 、 C_2 上的电压均等。全桥逆变电路逆变输出的交流电加到逆变变压器的输入端, 经逆变变压器降压输出的交流电经整流电路整流及电感滤波, 之后输出到电弧负载。弧焊电源输出的电流经电流变换电路获得电流反馈信号 U_i , 焊接电源输出的电压经电压变换电路获得电压反馈信号 U_u 。

控制系统主要由单片机控制系统、IGBT驱动电路、IGBT保护电路(过流及过热保护)、PWM脉宽调制电路、焊接条件设定电路、焊接参数设定电路、显示电路、模数转换电路 A/D_1 及 A/D_2 、数模转换电路 D/A_1 及 D/A_2 、启动信号等构成。

IGBT驱动电路由EXB841及外围元器件构成。当IGBT运行过程中出现过流现象时, IGBT过流保护电路在有效时间之内发出信号, 从而使IGBT被立即关断, 避免IGBT出现过流损坏, 起到过流保护作用; 当IGBT运行过程中出现过热现象时, IGBT过热保护电路发出信号, IGBT亦被立即关断, 起到过热保护作用。

焊接条件设定包括设定焊丝直径、两步控制时序或四步控制时序。焊接参数设定包括设定焊接电流(即送丝速度)、焊接电压。显示电路显示设定的焊接条件及焊接参数, 并且显示实际的焊接参数。

电流反馈信号 U_i 经 A/D_1 输入单片机控制系统, 电压反馈信号 U_u 经 A/D_2 输入单片机控制系统。单片机控制系统输出数字量, 经 D/A_1 输出模拟电压

U_u 去控制弧焊电源逆变系统的PWM脉冲宽度, 单片机控制系统输出数字量经 D/A_2 输出模拟电压去控制送丝速度; 输出信号WST为送丝电动机驱动允许信号。焊枪启动开关用于启动或停止焊接过程。

2 直流脉冲MIG焊机的焊接试验及电弧高速摄像及分析

应用开发设计的脉冲MIG焊机进行了焊接性能试验, 图2所示是焊接铝

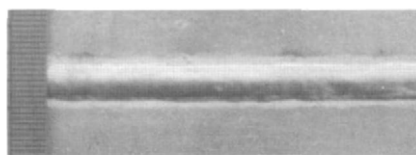


图2 脉冲MIG焊机焊接铝合金板对接焊缝

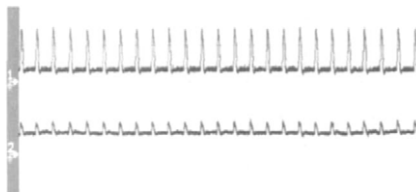


图3 直流脉冲MIG焊机焊接铝合金的焊接电流电压波形

合金板对接焊缝的照片, 大量焊接试验表明焊机性能达到了良好的焊接效果及稳定性。

在应用开发设计的脉冲MIG焊机进行焊接性能试验的过程中, 同时用示波器记录焊接电流波形及焊接电压波形, 研究分析脉冲MIG焊机的性能。焊接铝合金, 用示波器记录脉冲电流波形及电压波形, 如图3所示, 其中上面的波形图是脉冲电流波形图(坐标中1格150A), 下面的波形图是脉冲电压波形(坐标中1格32V), 横坐标时间坐标1格50ms。图4波形图表明直流脉冲MIG焊机焊接铝合金过程的良好焊接性能稳定性。

应用开发设计的脉冲MIG焊机进行了焊接试验, 在焊接铝合金过程中, 对其焊接电弧形态及熔滴过渡特征进行了高速摄像, 图4所示是脉冲MIG焊机焊接铝合金、一个脉冲周波的高速摄像图的典型图片。

图4高速摄像图结合图3脉冲电流

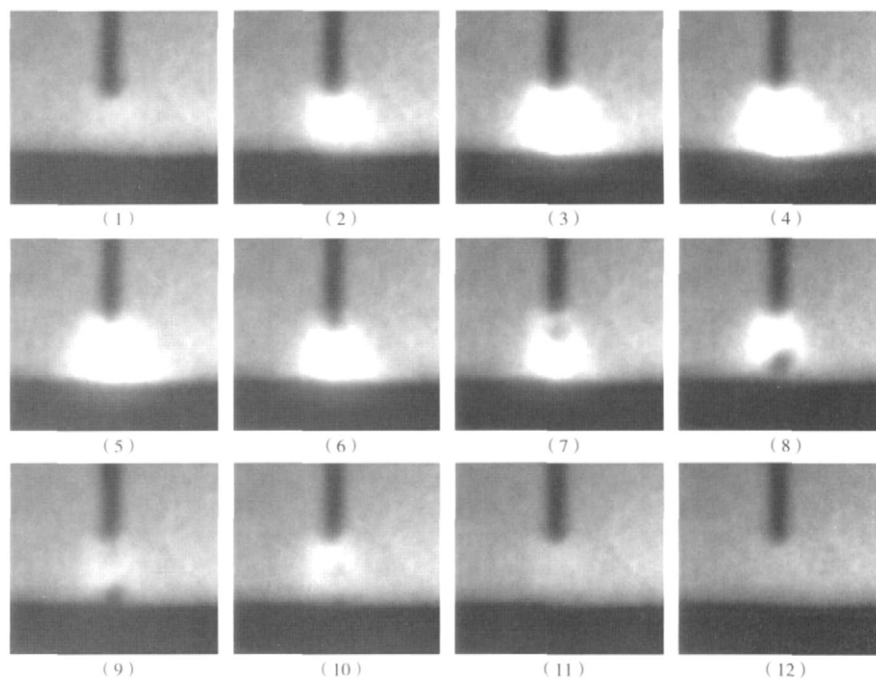


图4 脉冲MIG焊机焊接电弧形态及熔滴过渡特征高速摄像图



电压波形图, 进行分析及研究电弧形态及熔滴过渡特征。如图4(1)所示, 在基值电流即基值时间段, 电弧区域较暗, 焊丝端头没有熔滴长大的趋势, 当然也就没有熔滴过渡。其后电流值增加, 进入脉冲电流即脉冲时间段, 如图4(2)所示。随着电流增加, 弧光增强, 出现电弧烁亮区, 电弧烁亮区呈现钟罩形; 由于电弧向左运动的关系, 电弧烁亮区与熔池接触处略微显示向右拖尾的现象。从图4(2)到图4(6), 随着脉冲电弧电流对焊丝的熔化作用, 显现出焊丝端头熔滴长大的过程。到图4(7)时, 电弧烁亮区减小、脉冲电流减小, 即脉冲电流的下降区段, 此时熔滴即将脱离焊丝端。到图4(8)时, 熔滴经过电弧区向熔池过渡; 此时脉冲电流下降接近基值电流, 烁亮区收缩即将消失。到

图4(9)时, 熔滴过渡进入熔池。此后电弧进入基值电流区段。

总结如上所述脉冲MIG焊及其电弧高速摄像图, 充分表明, 直流脉冲MIG焊机的焊接电弧稳定, 一个脉冲过渡一滴熔滴的“一脉一滴”的熔滴过渡稳定性很好。

3 结束语

3.1 开发设计的直流脉冲MIG焊机, 其电源电力电路采用IGBT逆变变流控制技术, 焊接参数控制、焊接程序控制、焊接条件设置及焊接参数设置等采用单片机控制。焊机运行表明, 其控制结构设计合理可行, 焊机运行稳定。

3.2 高速摄像及焊接电流电压波形测试研究表明, 直流脉冲MIG焊机焊接铝合金, 采用脉冲电流焊接形成一脉一滴的熔滴过渡过程稳定; 焊接铝合金

试验表明, 焊接过程稳定, 达到了良好的焊接质量。

参考文献

- [1] 苏宪东. 全数字脉冲MIG逆变焊接电源的研制. 电焊机, 2011, 41(1): 1-6.
- [2] 庞清乐. 数字脉冲MIG弧焊电源的设计. 焊接学报, 2010, 31(8): 53-56.
- [3] 杭争翔, 范宁. 变极性脉冲熔化极氩弧焊双向高压叠加控制. 电力电子技术, 2010, 44(1): 74-76.
- [4] 杭争翔, 李利, 甘洪岩. 变极性脉冲MIG焊接工艺. 现代焊接, 2006, (1): 59-51.
- [5] 殷树言. 高效弧焊技术的研究进展. 焊接, 2006, (10): 7-14.
- [6] 卢立晖, 石珏, 黄健康等. 铝合金脉冲MIG焊过程双变量解耦控制. 机械工程学报, 2011, 47(8): 88-92.
- [7] 陈裕川. 高效MIG/MAG焊的新发展(四). 现代焊接, 2009, (2): 4-8, 11.
- [8] 石珏, 李妍, 黄健康等. 高效MIG/MAG焊的研究与发展. 电焊机, 2008, 38(12): 6-10.
- [9] 沙德尚, 廖晓钟. 全数字控制I/I模式三闭环脉冲MIG焊. 焊接学报, 2009, 30(4): 5-7, 12.
- [10] 姚屏, 薛家祥, 黄文超等. 脉冲MIG焊熔滴过渡阶段的波形控制. 华南理工大学学报(自然科学版), 2009, 37(4): 52-56. W



知识积累

什么是焊接机器人的运动和非运动命令?

机器人提供了一套完备的命令体系, 可供使用者选用。这些命令被分成不同的命令组, 除了最基本的PTP、CP的运动命令外, 还有控制、运算、作业、输入输出等各类命令, 还有针对不同选项功能的专用命令。根据要求可以对这些命令进行灵活的使用。但为了提高效率, 命令的种类及数量都不能太多。

命令中带有各种标识符, 这些标识符分为基本标识符与可选标识符。此外命令中还包括一些必要的数字, 比如速度值等。

1、运动命令

这些是机器人命令中最基本的命令。其中主要有关节运动、直线插补、圆弧插补与抛物线插补等。命令中的标识符有速度、到位级别等。运动命令分为目标位置型与增量位置型。由示教产生的运动命令可以是以示教时机器人所在的位置点为命令执行时的运动目标值, 位置数据被隐含于程序之中; 也可以由位置变量来表示动作的目标位置。增量型的运动命令, 都是用位置变量来表示运动坐标增量的。

运动命令的速度分为比例型与线速度型。关节运动的速度值为最大速度的百分比, 而直线插补与圆弧插补的速度为线速度。

2、非运动命令

非运动命令包括控制命令、输入输出命令、作业命令、运算命令符等。控制命令用于程序的各种控制功能, 常见的控制命令主要有程序调用命令、程序跳转命令、延时、暂停等。调用与跳转可以根据各种条件判断进行。输入输出命令可以对周边设备进行控制与检测。作业命令是对与用途有关的工具或设备的命令。弧焊机器人的作业命令有起弧、熄弧、焊接电流电压的设定等, 点焊机器人有点焊、空打点、行程转换、焊接条件等。而运算命令有助于比较复杂的工作任务的完成。W