TIG焊提升引弧控制电路的研究

张胜男[1],元哲石[2]
(1.兰州石化职业技术学院 机械工程系,甘肃 兰州 730060;2.吉林大学 材料科学与工程学院,吉林 长春 130022)

摘要:为了改善现有引弧方法存在的缺陷和不足,研究和开发了新型引弧技术。在保持TIG焊原有优点的基础上,介绍了一种TIG焊提升引弧控制电路,重点探讨利用PWM和PFM两种调制方式相结合控制引弧过程的方法,并深入分析其原理。通过波形测试、外特性测试和相关工艺试验对电路进行检测。实验结果表明:采用TIG焊提升引弧控制电路,可以获得较为理想的恒电流内拐式外特性曲线,引弧成功率93.3%,钨极损耗情况也明显少于普通接触引弧。该电路具有很好的实用性,同时这种引弧系统结构简单、装置轻便、造价较低、易于使用。

关键词:TIG焊;提升引弧;PWM+PFM混合控制
中图分类号:TG434.4 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-2303(2011)04-0045-04

Study on lift-igniting control circuit of TIG welding

ZHANG Sheng-nan[1], YUAN Zhe-shi[2]
(1.Department of Mechanical Engineering, Petrochemical and Occupation College of Lanzhou, Lanzhou 730060, China; 2.School of Materials Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to improve the shortcomings of existing arc-igniting methods, research and develop new arc-igniting technology, while maintaining the original advantages of TIG welding, the control circuit on the lift-igniting for TIG welding is introduced. Especially, the PWM and PFM combining control method and its principle are analysed in detail. Through the detection of waveform testing, external characteristic testing and process testing on this circuit, the experimental results show that the external characteristic curves are ideal type of constant-current with turning inside, the ratio of successful arc-igniting can achieve 93.3% and the tungsten loss is obviously less than common contact arc-igniting by using of the control circuit on the lift-igniting for TIG welding. The circuit is very practical, while this arc-igniting system is simple, portable, low cost and easy to use.

Key words: TIG; lift-igniting; PWM + PFM combine control

0 前言

逆变式TIG焊电源近年来发展较快,也日渐成为研究的热点。目前,在TIG焊中,采用的引弧方式主要有接触式短路引弧、非接触式高频引弧和高压脉冲引弧。接触式短路引弧方式在引弧时会造成钨极的烧损、工件表面擦伤以及焊缝夹钨等现象[1];非接触式高频引弧对焊工身体有害,对周围环境有影响,不仅干扰广播、电视、通信的接收,而且还会造成机电设备、电子仪器工作失常,甚至损坏;高压脉冲引弧对焊接电源,尤其是新型逆变电源有高压击穿的问题[2],这些问题对焊接质量、生产成本、生产效率以及焊工健康的影响都很大。为此,研制了一种特殊的TIG焊提升引弧控制电路,可以有效改善上述引弧方式所存在的问题。

收稿日期:2010-05-12;**修回日期**:2011-01-03
作者简介:张胜男(1984—),满族,女,吉林洮南人,助教,硕士,主要从事新型焊接电源、焊接结构和焊接生产方面的研究和教学工作。

1 TIG焊提升引弧控制电路及工作原理

接触式短路引弧时,解决钨极与工件相互污染问题的关键是限制短路电流,降低接触处的电流密度,减少接触处的焦耳热。目前实现小电流引弧的方法主要是电流切换法,即当钨极与工件接触时采用受控的小电流进行预热,当焊枪提升瞬时立即切换到大电流工作状态[3-4]。

在此重点探讨利用PWM和PFM两种调制方

式相结合控制引弧过程以实现电流切换的方法。设计的提升引弧控制电路包括检测反馈电路和混合调制电路两部分。检测反馈电路将检测到的信号经过处理后反馈给混合调制电路，来控制混合调制电路输出端的脉冲占空比和脉冲频率，以获得恒电流内拐式外特性，使得当钨极与工件短路接触时，受控的小引弧电流流过焊接回路，预热钨极但不使其熔化；随后提起钨极离开工件，系统迅速进行调节引燃电弧，并将电压和电流切换到工作值，焊机进行正常焊接工作。

1.1 检测反馈电路控制原理

弧压检测反馈电路如图1所示。该电路将检测到的焊机输出电压 U_f 经过光耦 PC817 和比较放大器 LM324 共同作用后，通过 I、J 两点反馈给图2中的四双向模拟开关集成块 4066，并分别控制其控制端 K_1 和 K_2 的通断，进而控制 SG3525 输出端的脉宽和频率。当钨极与工件接触时，检测到的焊机输出电压信号 U_f<5 V(考虑到焊接回路上的电压降)，此时，通过合理选择 R_1 和 R_2 使光耦 PC817 不导通，输出端电压 U_B 为高电平，即 U_B 高于电压比较器 IC2-1 同相输入端电压设定值，故 IC2-1 输出端电压 U_C 为低电平。一方面，U_C 通过 I 点控制 4066 的控制端 K_2，使其触点断开；另一方面 U_C 经反相比较放大器 IC2-2 反相后，输出电压 U_D 变为高电平，U_D 通过 J 点来控制 4066 的控制端 K_1，使其触点闭合。当钨极提升时，检测到的弧压反馈信号 U_f>5 V，光耦 PC817 导通，输出端电压 U_B 为低电平，此时仍经上述处理后，U_C 变为高电平，控制 4066 的控制端 K_2，使其触点闭合；U_D 变为低电平，控制 4066 的控制端 K_1，使其触点断开。

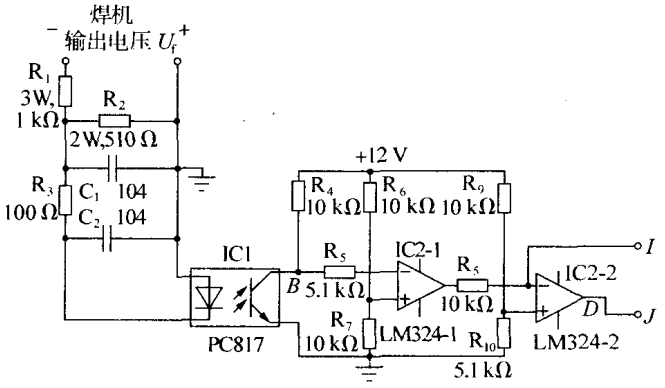


图1 弧压检测反馈电路

通过弧压检测反馈电路的控制，能达到如下效果：U_f<5 V 时，K_1 闭合，K_2 断开(钨极与工件接触时)；U_f>5 V 时，K_1 断开，K_2 闭合(钨极提升时)。

1.2 混合调制电路控制原理

在引弧过程中以 SG3525 为中心的 PWM+PFM 混合控制电路原理如图2所示，该电路从外部获得控制电路所需的+12 V 和+24 V 电压。与 SG3525 的5脚和7脚相连的电容 C_7 为放电电容，同时配合6脚的外接电阻 R_{24} 和电位器 RP_1^*，通过合理选择 C_7、R_{24} 和 RP_1^* 来获得所需的脉冲频率，即逆变频率。采用 SG3525 的11脚和14脚共同作为脉冲信号输出控制端。输出脉冲的占空比由 SG3525 的9脚控制。

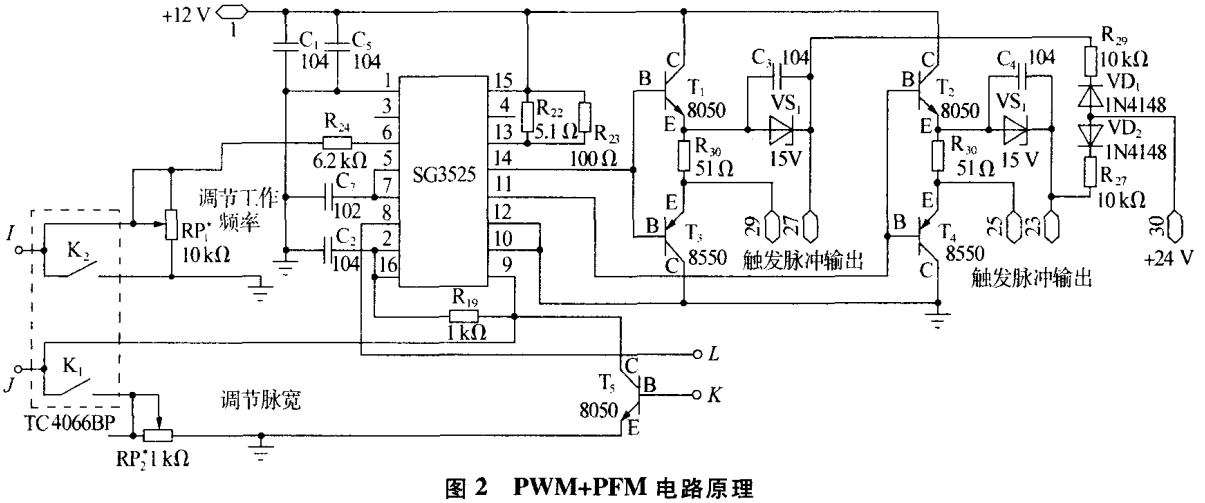


图2 PWM+PFM 电路原理

由以上分析可知，弧压检测反馈电路将反馈信号通过 I、J 两点传输给 4066 的控制端 K_1 和 K_2。当钨极与工件接触时，4066 的控制端 K_1 触点闭合，电位器 RP_2^* 与 R_{19} 共同接入 SG3525 的9脚，通过调节电位器 RP_2^* 来改变 SG3525 的9脚电位，进而使 SG3525 的11脚和14脚输出占空比最小的 PWM 控制信号，其值由 SG3525 的16脚提供的 5.1 V 电源经电位器 RP_2^* 和电阻 R_{19} 组成的稳态短路电流控制电路决

定,调节 RP_2^* 可调节稳态短路电流大小。另一方面,K_2 触点断开,RP_1^* 与 R_{24} 共同接入 SG3525 的 6 脚,SG3525 的输出信号频率 $f_1=1/[(RP_1^*+R_{24})\cdot C_7]=20$ kHz,此时,稳态短路电流流经钨极和工件接触部位起预热钨极和工件的作用。当钨极提升时,4066 的控制端 K_1 触点断开,R_{19} 和 T_5 共同接入 SG3525 的 9 脚,T_5 通过 K 点与后续脉宽调制电路相连接,用其获得的放大信号来控制 SG3525 的 9 脚电位,使 SG3525 的 11 脚和 14 脚输出占空比最大的 PWM 控制信号。K_2 触点闭合,RP_1^* 被短接,R_{24} 单独接入 SG3525 的 6 脚,SG3525 的输出信号频率 $f_2=1/(R_{24}\cdot C_7)=100$ kHz,在提升过程中电弧引燃,并迅速切换到正常焊接电流,实现了提升引弧控制过程。SG3525 的 8 脚通过 L 点与后续脉宽调制电路相连。SG3525 的 13 脚和 15 脚接外部+12 V 电源。10 脚为脉冲封锁端,当其为高电平时,SG3525 脉宽调制器的输出脉冲被封锁,故只有在 10 脚为低电平时 SG3525 脉宽调制器才能正常工作,在此放弃对 10 脚使用,因此 10 脚直接接地(低电平)。

2　试验结果及分析

2.1　SG3525 输出脉冲波形

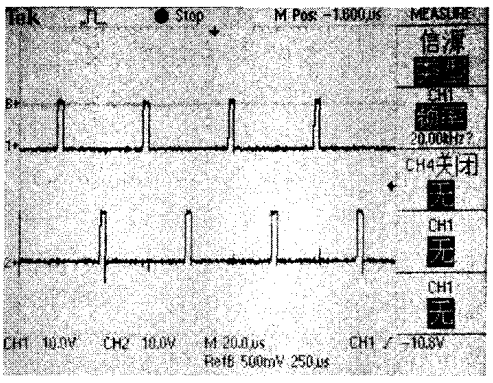
图 3a 为钨极与工件短路接触时,检测到的 SG3525 芯片 11 脚和 14 脚输出脉冲波形。从图中可以看到,此时输出脉冲的一个周期大约为 50 μs(20 μs/div),因此逆变频率约为 20 kHz,并且存在死区时间,达到了预期设计要求;脉宽 4 μs,SG3525 的 11 脚和 14 脚输出占空比最小的 PWM 控制信号,说明此时在 PWM 和 PFM 两种控制方式共同作用下,稳态短路电流流经钨极和工件接触部位起预热钨极和工件的作用。

图 3b 为钨极提升后检测到的 SG3525 芯片 11 脚和 14 脚输出脉冲波形。从图中可以看到,此时输出脉冲的一个周期大约为 10 μs(2.5 μs/div),因此逆变频率约为 100 kHz,也达到了预期设计要求;脉宽 5 μs,SG3525 的 11 脚和 14 脚输出占空比最大的 PWM 控制信号,此时电弧引燃,并迅速切换到正常焊接电流,焊机进行正常焊接工作,实现了提升引弧控制过程。

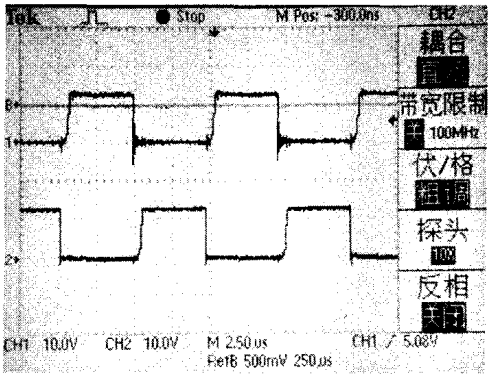
由此可见,设计的 PWM+PFM 混合调制电路在短路接触和钨极提升时都是可行的。

2.2　外特性测试及外特性曲线

在研制的具有提升引弧功能焊机内部参数确



a 短路接触



b 钨极提升

图 3　SG3525 芯片 11 脚和 14 脚输出脉冲波形

定的条件下,选择不同电流档,通过改变负载大小,记录每一测试点的输出电压、电流值,绘制出焊机的外特性曲线,如图 4 所示。由图 4 可知,该曲线在恒电流段恒电流效果较好,低压时内拐特性也得到了满足。

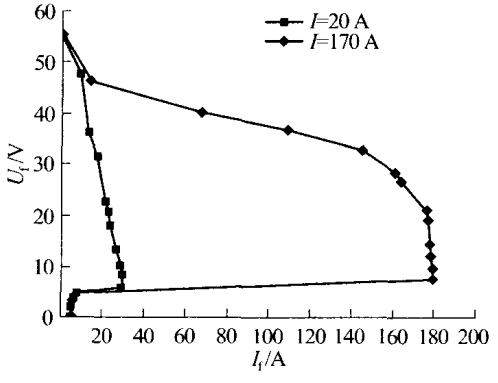


图 4　外特性曲线

2.3　工艺试验

2.3.1　引弧试验

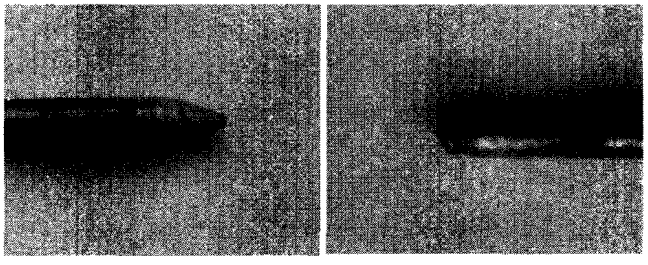
实验条件:钨极直径 d=3.0 mm,磨成锥形。氩气流量 9 L/min,试件为 2 mm 厚的铝板。每次引弧之间间隔足够时间,以保证引弧时工件和钨极都保持冷态,进行了 30 次引弧,成功 28 次,成功率 93.3%,说

明引弧成功率高。

实验过程中也能够明显观察到使用普通接触引弧方式引弧时存在粘钨现象，并伴随有打火现象发生；而采用提升引弧控制系统则不存在此类问题，引弧更容易、稳定。

2.3.2 钨极损耗

实验条件：I_s=2 A，钨极直径 d=3.0 mm，氩气流量 9 L/min，在厚度 2 mm 的铝板上引弧 30 次，观察钨极尖端的损耗情况。在相同实验条件下，与普通接触引弧后的钨极尖端进行比较。钨极尖端的损耗情况如图 5 所示。



a 提升引弧　　b 普通接触引弧

图 5 钨极损耗

由图 5 可知，提升引弧钨极尖端的损耗程度要远远小于普通接触引弧的烧损程度。

3 结论

(1)通过检测反馈电路和 PWM+PFM 混合调制电路两部分的共同控制作用，使得当钨极与工件接触时，输出脉冲频率 20 kHz，电流 2~5 A，电压 5~8 V；提升时电流迅速增加，输出脉冲频率变为 100 kHz，实现了当钨极与工件接触时采用小电流，当焊枪提起瞬时马上切换到大电流工作状态的控制过程。

(2)采用提升引弧控制系统之后，整个控制系统的运行稳定、可靠，引弧成功率 93.3%，钨极损耗情况也明显少于普通接触引弧，是一种较为实用的引弧方式。

参考文献：

[1] 邵成吉，李德元，孙振中，等.TIG 焊电弧引燃方式的探讨及新型引弧器的介绍[J].电焊机，1997(3)：19-22.

[2] 李亮玉，刘景奎，苏淑靖.TIG 焊引弧技术的发展与现状[J].电焊机，1995，25(1)：23-25.

[3] 陈玉成，徐德录.直流 TIG 焊提升引弧装置的研制[J].Welding Technology，2000，29(5)：35-36.

[4] 樊亚军，张　勇，吴毅雄，等.TIG 小电流引弧 PLC 自动控制系统[J].电焊机，2000，30(10)：35-37，46.

申　明

各位作者：

为确保杂志质量，尊重和保护作者和他人知识产权、著作权，根据国家期刊出版管理的相关规定，《电焊机》杂志特作以下申明。

1.作者应保证是向本刊所投稿件的著作权人，不得抄袭、剽窃、盗用他人科研成果、文章和信息。文章中引用和参考他人文章、著作和成果(包括网络信息)时，按编辑出版规定，应在文章中以参考文献方式明确标识。如作者的文章涉及侵犯他人知识产权、著作权等合法权益时，一切后果文责自负。

2.作者所投稿件应保证尚未在其他媒体(包括网络)出版或发表，也未向其他媒体投稿。

3.《电焊机》杂志已被多家国内外权威收录机构、数据库、专业网站列为来源刊，收录和引用。凡本刊录用的文章，即视为本刊已获得该文章与《电焊机》相关的网上传播、汇编出版、电子出版、收录和引用等权利。本刊向作者支付的稿酬，已包含上述各项权利的报酬，本刊和其他机构不再另行支付。

作者向本刊投稿时，若无特别说明则视为同意以上申明。如不同意以上申明者请另投它刊。

特此申明。

《电焊机》杂志社

2011 年 1 月 1 日