

一种基于Buck软换流型DC-DC电路 脉冲TIG焊机

汪殿龙,张志洋,李亚博

(河北科技大学 材料科学与工程学院,河北 石家庄 050018)

摘要:针对传统逆变式脉冲TIG焊机在冷修补焊接时修复精度低、热输入量大、零部件的热变形量大等缺点,设计了一种基于Buck软换流型DC-DC主电路的脉冲TIG焊机,控制电路可以实现焊接脉冲电流、脉冲频率、脉冲时间的调节,并输出连续脉冲群。实验结果表明,软换相电路有效降低了开关损耗和电压电流尖峰;控制特性较好,脉冲电流上升和下降时间小,输出电流平稳。该焊机实现了脉冲电流、脉冲时间、脉冲频率控制精确,适合于低热输入量时的冷修补焊接场合。

关键词:脉冲TIG;Buck;软换相;冷修补

中图分类号: TG403

文献标志码: A

文章编号: 1001-2303(2014)01-0034-05

DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2014.01.09

A type of pulse TIG welding power supply based on Buck DC-DC circuit integrated soft current-change technology

WANG Dian-long, ZHANG Zhi-yang, LI Ya-bo

(College of Material Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China)

Abstract: Aiming at the disadvantages of the conventional inverting pulse TIG welding such as low accuracy of repair, high heat input and large deformation of work piece when used to the welding occasion, a type of pulse TIG welding power supply based on Buck DC-DC main circuit integrated soft current-change technology was designed in the paper. The current, frequency and time of pulse can be adjusted flexibly and the pulse is continuous produced by control circuit. The experiment showed that the soft current-change circuit can reduce switching losses and restrain the peak of voltage and current. The time of rise and fall of pulse current was very short and the welding current was stable. There is a good performance and high accuracy in controlling the pulse current, pulse frequency and pulse time. This welding power supply is competent for instantaneous welding and cold repair welding.

Key words: pulse TIG; Buck; soft current-change; cold repair

0 前言

脉冲TIG(Tungsten Insert Gas)焊作为一种高

效、优质、节能的焊接方法,具有独特的优越性,得到了广泛的应用。目前常用的脉冲TIG焊机多为逆变式,电路结构复杂且成本较高。在低热输入量焊接场合如冷修补焊接时,普通脉冲TIG焊的缺点是修复精度低、热输入量大、零部件的热变形量大^[1]。相对于传统的逆变焊接电源,DC-DC斩波电源作为

收稿日期: 2013-08-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51205106)

作者简介: 汪殿龙(1978—),男,山东济宁人,副教授,博士,主要从事焊接自动化、新型电源变换理论的研究工作。

一种传统的电源结构更容易实现高频,没有逆变电源中变压器偏磁的问题,能够随意伸缩占空比,并具有快速的负载阶跃响应,能实现良好的动态特性、稳定性和可靠性^[2],同时可以精确控制热输入量,尤其在小电流场合具有较大的优势。

针对冷修复焊接,本研究提出一种基于 Buck 型 DC-DC 变换电路的脉冲 TIG 焊机,该电路通过控制脉冲时间(1~500 ms)进行瞬时放电,脉冲频率可调节,使被修复工件有充分的冷却时间,实现冷修补,弥补了传统修复工艺存在的问题。

1 总体结构

焊机总体结构原理如图 1 所示。AC 220 V 工频交流电经过变压器降压后变为 AC 50 V 电压,经过整流电路和滤波电路变成直流电压。由开关管 S、二极管 VD 和电感 L 组成的 Buck 型 DC-DC 电路将直流电压降为焊接所需要的电压。降压变压器二次线圈采用双绕组,滤波电容 C 采用多电容并联阵列,在滤波的同时为焊接脉冲提供能量。

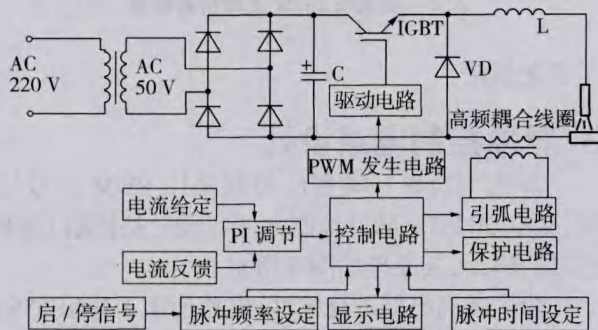


图 1 焊机总体原理框图

焊机通电后,首先开启气阀进行自动检气,然后设定焊接脉冲电流、脉冲频率、脉冲时间,并通过数码管显示。当控制电路接收到焊接启动信号时,高频引弧电路工作,PWM 发生电路同时工作,控制电路会根据 PI 调节电路所发出的信号实时调整电流,输出 PWM 控制信号并驱动 Buck 斩波电路进行焊接。焊接电流为连续脉冲群,直到控制电路接收到焊接停止信号,输出脉冲停止,终止焊接过程。

2 Buck 型 DC-DC 降压电路

基本的 Buck 型 DC-DC 降压电路属于硬开关型,其电路原理如图 2 所示^[3]。

使用电路仿真软件对基本的硬开关型 Buck 电路进行仿真,结果如图 3 所示。

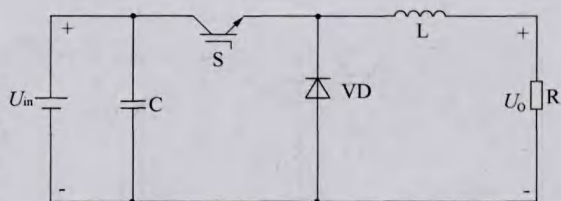
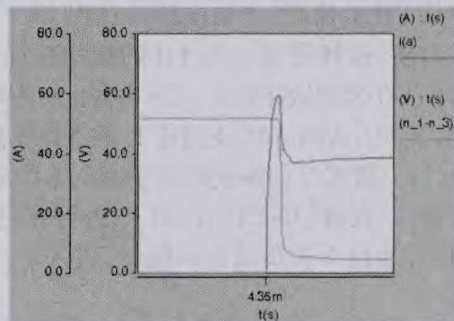
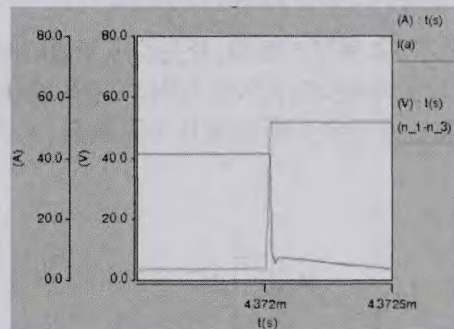


图 2 基本 Buck 电路原理

由图 3a 可知,有明显的尖峰电流,功率开关管通态电流为 40 A 时其幅度可达 60 A,这种电流尖峰对于焊接过程和主功率器件极为不利,容易引起器件损坏和焊接电弧不稳定。同时在图 3a、图 3b 中,开关管在开通和关断瞬间都有重叠部分,形成较大开关损耗。开关损耗随着开关频率的升高会趋于明显,会降低整个电路的效率,同时也会降低开关管的寿命。



a 开关管 S 开通瞬间 U/I 波形



b 开关管 S 关断瞬间 U/I 波形

图 3 基本 Buck 电路开关仿真波形

由以上仿真结果可以看出,基本的硬开关 Buck 电路存在较高的电流尖峰和开关损耗问题,尤其是在开关频率较高的情况下更为明显。因此,在基本的 Buck 型 DC-DC 降压电路基础上,提出了一种软换相型 Buck 电路,其电路原理如图 4 所示。

图 4 中,电容 C、开关管 S、续流二极管 VD 和储能电感 L 组成基本的 Buck 电路,其余元器件组成软换相辅助回路。当 S 由导通转为截止时,由于 C_1 、 VD_1 支路的存在,输入电流 I_m 由 S 换相至 VD_1 并对

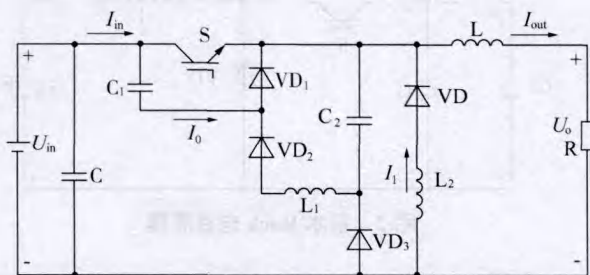


图4 软换相 Buck 电路原理

C_1 充电,延迟了 S 的关闭时间,减小了 du/dt ,对 S 的两端电压加以适当的抑制,起到保护 S 的作用。 C_2 中的电荷通过 VD_3 续流释放到负载,同时随着 C_1 电压逐渐升高,流过 VD_1 的电流 I_0 将逐渐减小至零,同时流过 VD 的电流 I_1 从零开始增加,直至所有电流全部从 VD 、 L 流过,为加快这一过程,将 L_2 设为饱和式电感,这样完成 S 与 VD 的换相过程,为下一次的 S 、 VD 换相做好准备。当 S 由截止转为导通的瞬间,由于 VD_1 、 VD_2 、 VD_3 支路中 L_1 和 VD 支路中 L_2 的存在,因二极管反向恢复时间引起的 S 的电流尖峰被抑制,并在极短的时间内对 C_2 进行充电, S 完全导通后,通过 L 为负载提供能量,进入下一个开关周期。

对图4所示的软换流电路进行仿真,仿真结果如图5所示。

对比图4和图5可知,开关管 S 开通瞬间的 di/dt 和电流尖峰被抑制到较小范围,关断瞬间 du/dt 减小,开关管开通和关断瞬间几乎无重叠,大大降低

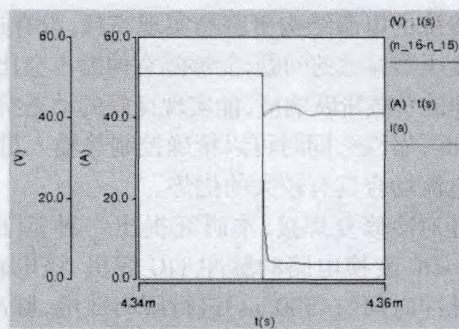
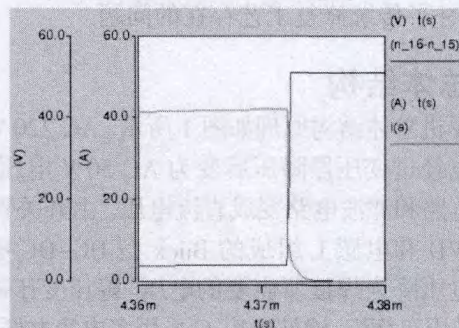
a 开关管闭合时 U/I 波形b 开关管关断时 U/I 波形

图5 软换相 Buck 电路仿真结果

了开关损耗。

3 脉冲控制电路设计

焊机主功率开关管的控制采用 PWM 信号控制,频率 20 kHz。脉冲控制电路实质上是控制 PWM 信号的输出,其原理如图6所示。

为了提高电路的稳定性,电路使用 U_2 (NE555)

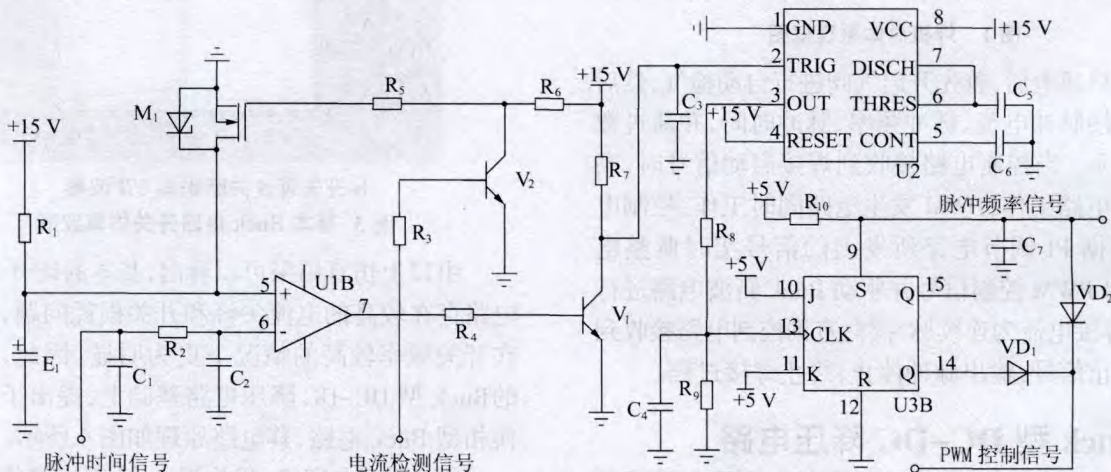


图6 脉冲控制电路原理

组成单稳态电路,用于控制 U_3 (JK 触发器) 的翻转,上升沿触发。脉冲时间信号是由电位器设定一个电

压作为参考;脉冲频率信号是由焊接启/停信号与脉冲频率设定信号经过逻辑判断后输出的信号;控

制信号用于控制 PWM 的输出,高电平时封锁 PWM 信号;电流检测信号检测有无电流反馈信号,有电流输出时为高电平,反之为低电平;PWM 控制信号是脉冲控制电路的最终输出信号。

脉冲控制电路工作原理为:焊接停止时,脉冲频率信号被拉低,电流检测信号为低电平,U3 置位,14 脚输出低电平,PWM 控制信号被封锁,焊机无输出;焊接刚启动而电弧未引燃时,电流检测信号仍为低电平,脉冲频率信号为预设的脉冲信号,当它为高电平时,U3 的 14 脚输出保持低电平,PWM 控制信号为低电平,PWM 正常输出,提供引弧电压;电弧引燃后,“电流检测信号”变为高电平,三

极管 V_2 导通,M3 截止,+15 V 电源通过 R_1 为电容 E_1 充电,当 E_1 的电压大于“脉冲时间信号”电位器所设定的电压时,比较器 U1 输出高电平,使 V_1 导通,U2 的低电平触发端(2 脚)变为低电平,单稳态电路的输出由低电平变为高电平,U3 翻转,使 PWM 控制信号变成高电平,PWM 停止输出,单个脉冲周期结束,当脉冲频率信号再次由低电平变为高电平时,开始下一个脉冲周期。

4 实验结果和分析

通过改变预设脉冲时间和脉冲频率,分别采集输出电流波形和开关管两端的电压波形,如图 7 所示。

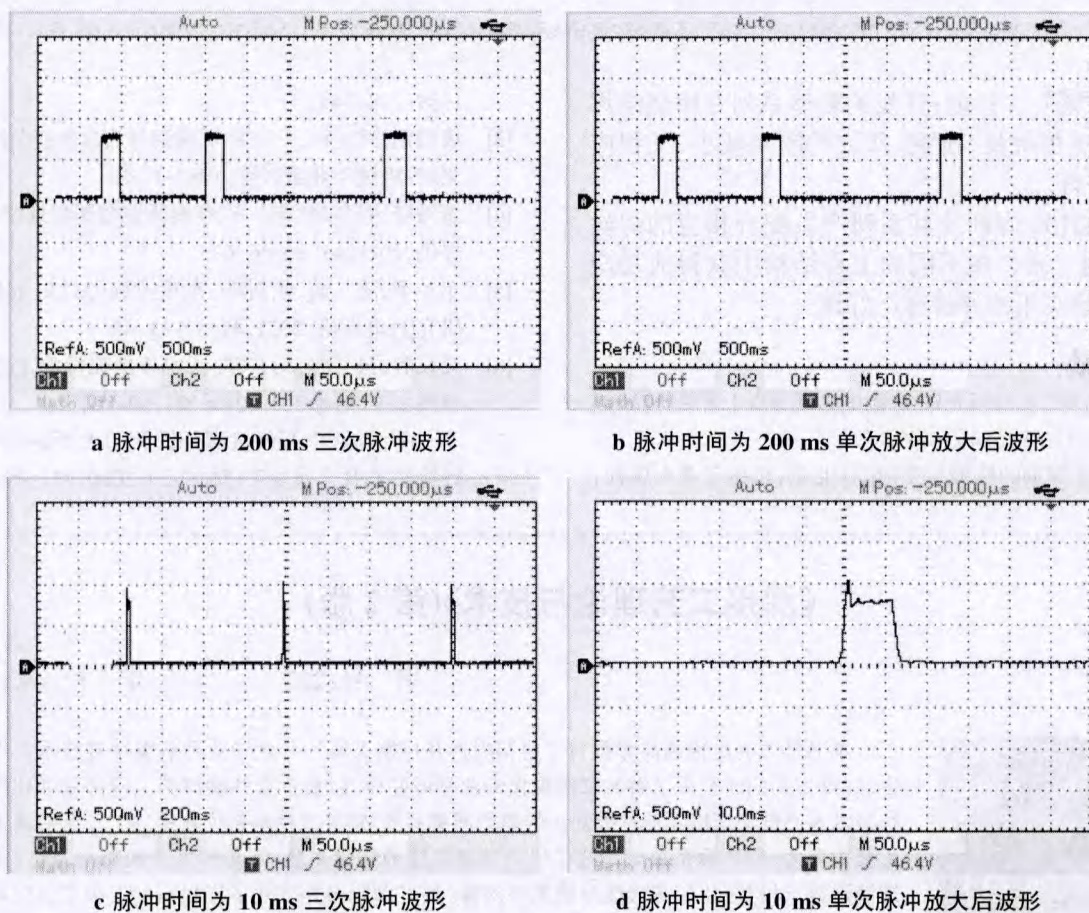


图 7 不同脉冲时间输出电流波形

由图 7 可知,单个脉冲时间与设定时间吻合,说明脉冲控制电路控制性能较好;实验所使用的电流传感器的传输比为 100 A/V,由图 7d 可知,脉冲电流由 0 上升至 70 A 的时间小于等于 $10\mu\text{s}$,说明 Buck 电路满足了脉冲焊接时对电流响应速度的要求。

图 8 所示为有脉冲输出时开关管两端的电压

波形,在开关频率为 20 kHz 时,开关管两端无尖峰出现,与仿真结果一致。

5 结论

(1)在基本 Buck 型 DC-DC 变换电路的基础上加入了软换相电路,解决了主功率器件的换相问题,

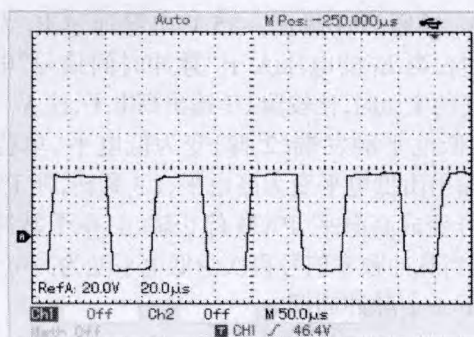


图8 开关管两端电压波形

消除了开关管上的电压电流尖峰,降低了开关损耗。

(2)设计的脉冲控制电路可以精确控制脉冲电

流、脉冲时间、脉冲频率,控制特性较好。

(3)Buck型DC-DC斩波电路可以很好地满足脉冲瞬间快速放电的要求,脉冲上升沿和下降沿小于等于 $10\mu\text{s}$,且输出电流很平稳,有利于瞬时焊接。

参考文献:

- [1] 张庆,孟令东,杨军伟,等.高能脉冲精密冷补技术用于修复零件表面局部缺损[J].中国表面工程,2011,24(1):79-83.
- [2] 卢振洋,马琳,黄鹏飞.基于BUCK电路的电源功率平台的研制[J].电焊机,2011,41(4):20-23.
- [3] 赵莉华,舒欣梅.电力电子技术[M].北京:机械工业出版社,2010.

Page 4 性能;开发的新型系列专用烧结焊剂,性能更加优良,压痕、凹坑的倾向减小,工程应用前景看好。

(4)SJ101焊剂及其系列产品配合相应的焊丝和合理的工艺,在不同的工程结构中获得成功应用,焊剂的实用性评价亦获好评。

参考文献:

- [1] 安藤弘平,长谷川光雄.焊接电弧现象[M].北京:机械工业出版社,1985:465-468.
- [2] 苏仲鸣.焊剂的性能与使用[M].北京:机械工业出版社,

1989:238-344.

- [3] 唐伯钢,尹士科,王玉荣.低碳钢与低合金钢焊接材料[M].北京:机械工业出版社,1987:1-88.
- [4] 裴雪峰,张剑峰,车平.泰州桥钢塔厚板焊接技术[J].电焊机,2011,41(8):56-61.
- [5] 车平,陈辉,张剑峰,等.桥梁钢Q370q双丝埋弧焊研究[J].电焊机,2011,41(8):41-45.
- [6] 吴长胜,张凯,马艺娜.大厚板埋弧焊的工艺研究[J].金属加工(热加工),2010(20):69-70,72.
- [7] 车平,张剑峰.郑州黄河公铁两用大桥钢桥面板低温焊接技术[J].金属加工(热加工),2010(22):29-31,33.

《焊接工艺理论与技术》(第2版)

书号:227

定价:49元



本书是为满足普通高等教育“材料成形及控制工程”专业毕业后从事焊接技术工作的学生、焊接方向的研究生了解和掌握焊接专业基础知识,以及企业开展焊接工程师培训和焊接工程技术人员自学焊接专业基础知识的需要而编写的“焊接工程师系列教程”之一。全书共11章,主要内容为:前3章系统地论述了作为熔接电弧的物理本质、热源和力源的特征;焊丝熔化和熔滴过渡;母材熔化和焊缝成形规律等内容。后几章则分别讲述了在材料加工中广泛应用的埋弧焊、钨极氩弧焊、熔化极氩弧焊、 CO_2 气体保护焊、药芯焊丝电弧焊、等离子弧与切割等的基本原理、工艺特点、相关设备以及应用等基本知识和内容。书中还系统地介绍了摩擦焊的基本原理和工艺特、接头温度分布、金相组织和力学性能。最后列举了较多结构的焊接实例,这些实例具有符合国情、时效性强、分布面广的特点,以供读者借鉴。每章末附有复习思考题。本书可供大学相关专业、函授班和培训班作为教材,还可作为具有大专以上文化水平的技术人员、技师作为焊接工程师岗前教育和岗位培训之用,也可供焊接方向的研究生和从事焊接工作的工程师和技术人员参考。

订书热线:028-83267908

联系人:黄秀艳