

高速 MAG 焊焊枪的设计优化

李武波, 吴毅雄, 罗建, 包晔锋

(上海交通大学 焊接技术研究所, 上海 200030)

摘要: 采用 CAD/CAM 技术对高速 MAG 焊焊枪结构进行了设计, 使用 FEM 数值计算方法对焊枪结构气体通道等部分进行了设计优化, 制造出来的焊枪经焊接工艺实验检验, 符合高速 MAG 焊焊接工艺的要求。

关键词: 高速 MAG 焊接; 焊枪结构; 设计

中图分类号: TG434.5

文献标识码: A

文章编号: 1001 - 2303 (2001) 12 - 0019 - 03

Optimize design of high-speed MAG guns

LI Wu-bo, WU Yi-xiong, LUO Jian, BAO Ye-feng

(Welding Institute, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: In this paper, the structure of high-speed MAG gun is designed by using CAD/CAM, and the design of gas passage was optimized by the FEM analyzing method. By the welding process experiment, it was proved the welding gun can meet the requirements of high-speed MAG welding.

Key words: high-speed MAG weld; structure of gun; design

前言

自 90 年代初以来, 高速 MAG 焊以 T. I. M. E. 焊的名称在欧洲建立起来了。随后市场上出现了其他一些名称, 如高速焊工艺, 包括高速电弧和高速熔敷 2 种含义。它们包含的基本内容是一样的: 在普通 MAG 焊的基础上, 通过高速送丝 ($v_z > 15 \text{ m/min}$) 得到比普通 MAG 焊高得多的熔化速率。上述 2 种工艺的差别在于保护气体的选择, 适合于高速焊的保护气体是由 $\text{Ar} + 8\% \text{CO}_2$ 组成的, 而 T. I. M. E. 焊要求一种特殊的保护气体: $8\% \text{CO}_2 + 0.5\% \text{O}_2 + 26.5\% \text{He} + \text{Ar}^{[1,2]}$ 。

1 高速 MAG 焊接技术特点

薄板高强钢结构的焊接与 TIG、MAG、SAW 等焊接方法相比, 在焊接经济性方面, 高速 MAG 焊接技术具有以下主要优点: a. 低的研究开发成本; b. 更强的工艺适应性; c. 控弧更好、更容易; d. 耗材 (焊丝、焊剂) 成本较低; e. 较低的能耗, 更高的焊接生产效率; f. 低氢焊缝, 接头质量更高。同时高速

MAG 焊接电弧具有以下特点: a. 保护气流对焊接区保护良好, 在高速焊接时使之不易受到污染; b. 熔滴挺直的旋转射流过渡; c. 焊接电弧挺度较高, 焊丝熔敷速度快, 焊接速度高。另外, 在高速 MAG 焊接时, 在焊接工艺方面, 也具有以下特点: a. 焊缝金属的物理冶金、化学冶金性能好; b. 飞溅量小; c. 焊缝平滑美观、余高小, 焊后变形小; d. 接头的气孔、夹杂等缺陷少; e. 焊接工艺性好, 焊接成本低, 焊接质量高^[3,4]。

2 高速 MAG 焊接技术的关键

高速 MAG 焊接技术虽然属于 MAG 焊接工艺的范畴, 但它与传统的 MAG 焊接工艺有本质的区别。对于高速 MAG 电弧焊接工艺而言, 必须解决焊接电源、焊丝、保护气体、焊枪及送丝机构等 5 大关键技术。

2.1 电源

高速 MAG 焊接需要配以专用的、高性能的焊接电源, 其外特性应为恒压型。电源容量具有宽幅设

收稿日期: 2001 - 09 - 18

作者简介: 李武波 (1977 -), 男, 山西运城人, 在读硕士, 研究方向为弧焊设备及工艺。

定;另外,在一定条件下,需要电源的电压反馈校正功能,保证 48 V 左右的高电弧弧压和 100 % 的负载持续率,维护焊接过程电弧电压的稳定。

2.2 气体

为了实现大熔敷率高效焊接过程,高速 MAG 焊接一般采用以 Ar 为主、加入电位梯度较高的 He 以及 CO_2 、 O_2 等组分的多元保护气体。需要设计多种组元不同成份配比的多元保护气体(以富 Ar 为主要气体组元,He 含量低于 10 %),以实现低成本焊接对保护气体的要求。

2.3 焊丝

高速 MAG 焊接专用焊丝对高速 MAG 焊接质量在一定程度上来说起着决定性的作用。目前,在实际应用中高速 MAG 焊接主要使用实心焊丝,但是焊丝选择和使用不当易导致不利于焊缝成形和接头性能的“指状”熔深产生。所以,首先必须从诸多焊丝品种中选择出所需要的高速 MAG 焊丝,并使用与焊丝匹配的焊接工艺参数,以保证优质高效焊接。其次,就是改进焊丝成份;最近的研究表明,改变实心焊丝的成份或使用药芯焊丝有利于发挥高速 MAG 焊接的特点,因此,采用新型实心或药芯焊丝研制方法,进行焊丝的改进与研究,并提高焊丝表面光洁程度,以维持更高的高速 MAG 焊接熔敷率。

2.4 送丝机构

高速 MAG 焊接高效的焊丝输送装置,要使之能够在较大的送丝速度范围内进行调节,并应具备输送速度偏差的反馈矫正功能。

2.5 焊枪

对于高速 MAG 电弧焊接而言,高速 MAG 焊枪需要采用水冷方式,如果设计和制造不良,使焊炬结构复杂、笨重,不适合于焊接作业。因此,需充分考虑电弧的挺度和柔韧性,保护气体的有效保护范围,精心设计焊枪结构,实现高熔敷、灵活的高速 MAG 焊接。

3 高速 MAG 焊接技术的研究状况

从目前所掌握的文献来看,没有见到有关高速 MAG 焊接机理方面研究的深入报道,绝大部分文献仅从应用角度予以介绍,使用的焊接电流小于 600 A。其研究工作主要涉及设备、焊丝和保护气体等 3 个方面。Fronius 公司提供了焊接电源和送丝机构的简单资料,其他的详细报道较少,与设备相比,进行焊接工艺性能、焊丝研究和保护气体配制的研究较多,资料也比较丰富^[2]。由此可见,高速 MAG 焊接技术的研发必须解决焊枪、焊接电源、保护气体、焊丝及送丝机构等 5 大关键技术,其中高速 MAG 焊枪的设计是高速 MAG 焊接技术研究的首要

任务。

4 高速 MAG 焊枪的设计

4.1 高速 MAG 焊枪的设计要求

- 灵活轻巧的结构,良好的工艺可达性;
- 良好的冷却系统;
- 高速焊接时焊接区有效的气体层流保护;
- 耐磨损、快速平稳的焊丝通道;
- 可靠的电流通道、导电接触和绝缘性能;
- 维护、维修与保养方便。

4.2 高速 MAG 焊枪的结构设计

焊枪包括 1 个空心管件 12 以使焊丝和保护气可以适量通过。1 个气体扩散器 22 装配在该管件的一端,支撑起焊接导电嘴 24。另外,在焊枪外部离扩散器最近的地方,设计有可流动冷却介质(水、冷却液)的水冷系统结构,以使焊枪温度保持在熔点和热变形温度之下。1 个管状喷嘴 28 装配在扩散器的一端并外伸出扩散器和焊接导电嘴,这样就形成了一个环状气室把扩散器和焊嘴包裹在里面。气体通过与环状气室相连的扩散器,与中心轴线成一定的角度喷出 54,保证以最大的速率和最少的紊流通过焊枪,在焊丝和熔池周围形成一个高压气囊。

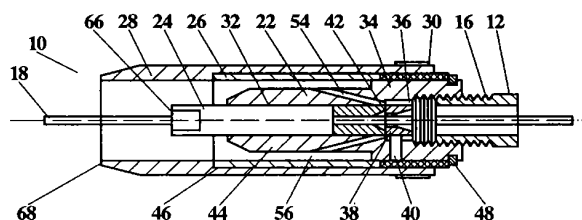


图 1 T. I. M. E. 焊枪结构设计示意图

a. 水冷系统

外置水冷却系统。结构简单的外部水冷系统直接达到喷嘴的后端,使冷却剂充分接近焊枪的重要部件,以使焊枪接受的热量及时消散,从而保证焊枪不变形或熔化。焊枪结构简单,工艺可达性较好,造价和维修费用也低,利于平时的维修与保养。

b. 保护气体通道

气体扩散系统。从中心向周围喷射的气体扩散系统,有效的气体镇定和层流形成结构,提供了保护气体的输送通道,提高了保护气体流过焊枪的质量和数量,有效地加强了焊丝和熔池等焊接区保护气体的层流气氛;高速气流也对加强焊枪构件的冷却具有贡献,简化了焊枪结构。同时,使用 FEM 数值计算方法对气体扩散系统进行了优化设计。

c. 导电和焊丝通道

一体化结构。导电、焊丝和气体

初始值 $i(t_2) = E/(2R)$, 解得:

$$i(t) = -\frac{E}{2R}(1 - e^{-\frac{t-t_2}{L/R}}) \quad t > t_2. \quad (6)$$

此阶段直到 $t = t_3$ 时, $i(t_3) = 0$ 为止, 电流 $i(t)$ 曲线如图 2 中的 $t_2 \sim t_3$ 段。

在此期间, 回馈给电源的功率为:

$$P_1 = \int_{t_2}^{t_3} u_T i dt = \int_{t_2}^{t_3} (-\frac{E}{2}) \times [-\frac{E}{2R}(1 - 2e^{-\frac{t-t_2}{L/R}})] dt \\ = \frac{E^2}{4R}(t_3 - t_2) - \frac{E^2}{2R^2}(1 - e^{-\frac{t_3-t_2}{L/R}}). \quad (7)$$

c. 第 3 阶段: VT_1 、 VT_2 、 VD_1 、 VD_2 都截止, $i(t) = 0$ 。为图 2 中的 $t_3 \sim t_4$ 段。

d. 第 4 阶段: VT_2 开通, 电路方程为:

$$L \frac{di}{dt} + R \cdot i = -\frac{E}{2} \quad t > t_4, \quad (8)$$

初始值 $i(t_4) = 0$, 解得:

$$i(t) = -\frac{E}{2R}(1 - e^{-\frac{t-t_4}{L/R}}) \quad t > t_4. \quad (9)$$

开通过程在 $t = t_5$ 时完成, 由于时间常数 $= L/R$, 在实际电路中, 是一个较小的数值, 因此电流很快进入稳态, 即 $i = -E/(2R)$, 电流 $i(t)$ 曲线如图 2 中的 $t_4 \sim t_6$ 段。

在此期间传给中频变压器二次侧的功率为:

$$P_2 = \int_{t_4}^{t_6} u_T i dt = \int_{t_4}^{t_6} (-\frac{E}{2}) \times [-\frac{E}{2R}(1 - 2e^{-\frac{t-t_4}{L/R}})] dt \\ = \frac{E^2}{4R} t_{ON} - \frac{E^2}{4R^2}(1 - e^{-\frac{t_{ON}}{L/R}}), \quad (10)$$

式中 $t_{ON} = t_6 - t_4$ 为 VT_2 导通时间。

e. 第 5 阶段: 在 $t = t_6$ 时刻, VT_2 基极信号为零, VT_2 关断, VD_1 在变压器自感电势作用下导通续流,

将变压器储能回馈电源。电路方程为:

$$L \frac{di}{dt} + R \cdot i = \frac{E}{2} \quad t > t_6, \quad (11)$$

初始值 $i(t_6) = -E/(2R)$, 解得:

$$i(t) = \frac{E}{2R}(1 - 2e^{-\frac{t-t_6}{L/R}}) \quad t > t_6. \quad (12)$$

此阶段直到 $t = t_7$ 时, $i(t_7) = 0$ 为止, 电流 $i(t)$ 曲线如图 2 中的 $t_6 \sim t_7$ 段。

在此期间, 回馈给电源的功率为:

$$P_1 = \int_{t_6}^{t_7} u_T i dt = \int_{t_6}^{t_7} \frac{E}{2} \times \frac{E}{2R}(1 - 2e^{-\frac{t-t_6}{L/R}}) dt \\ = \frac{E^2}{4R}(t_7 - t_6) - \frac{E^2}{2R^2}(1 - e^{-\frac{t_7-t_6}{L/R}}). \quad (13)$$

f. 第 6 阶段: VT_1 、 VT_2 、 VD_1 、 VD_2 都截止, $i(t) = 0$ 。为图 2 中的 $t_7 \sim t_8$ 段。

4 结论

a. 以 8 个时段分析得出的不同阶段功率开关管集电极电压、中频变压器一次侧电流和二次侧电压以及整流二极管电流的波形, 与示波器观察到的实际波形相符。

b. 对各个阶段的中频变压器一次侧电流和中频变压器传递功率作出数学分析, 所得数学模型与实际观测结果基本吻合。

c. 将所得数学模型应用于 WSM 系列脉冲氩弧焊机的研制, 取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 赵家瑞. 逆变焊接与切割电源[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.

Page 20 • • 通道的一体化结构, 使流过焊枪的大电流密度具有足够的横截面积。导电嘴的合理设计使焊丝顶部具有足够大的电流密度集中, 促进高熔敷率的实现, 高流速的保护气体充满整个焊丝通过的空心管道, 有利于快速送丝。同时, 该设计使整个焊枪结构紧凑, 焊枪的造价和维修费用降低, 有利于平时的维修与保养。另外, 良好的绝缘系统, 保障焊接操作过程的安全, 延长焊枪的使用寿命。

5 结论

按照高速 MAG 焊接工艺技术的需要, 在广泛吸收其他电弧焊枪结构优点的基础上, 采用 CAD/CAM 技术对高速 MAG 焊枪结构进行了设计, 并使用 FEM 数值计算方法对高速 MAG 焊枪结构气体通道等部分进行了设计优化, 制造出来的高速 MAG 焊枪经焊接

工艺实验检验, 初步表明该焊枪结构较紧凑, 工艺可达性好, 焊枪的制造费用较低, 有利于焊接生产过程的日常维修与保养, 符合高速 MAG 焊接工艺的要求。

参考文献

- [1] 高洪明, 吴林. 提高焊接生产率的途径[J]. 焊接, 2000, (2): 6 - 10.
- [2] 徐鲁宁, 殷树言, 卢振洋. T. I. M. E. 焊工艺与高效 MAG 焊的发展[J]. 电焊机, 2000, 30(5): 3 - 7.
- [3] J. R. Matthews J. F. Porter J. Church, et al. An evaluation of T. I. M. E welding of HY80 plate [J]. Welding Journal, 1991, 70(2): 35 - 41.
- [4] M. Ushi, K. Ikucchi, M. Tanaka, et al. Effect of shielding gas composition on metal transfer phenomena in high current GMA welding[J]. Transaction of JWRI, 1993, (1): 7 - 12.