

镁合金 AZ31B 的激光 - TIG 复合 热源缝焊工艺

迟鸣声, 刘黎明, 宋 刚

(大连理工大学 三束材料表面改性国家重点实验室, 辽宁 大连 116024)

摘 要: 以 AZ31B 变形镁合金为主要对象, 研究了其激光 - TIG 复合热源缝焊工艺特点, 探讨了缝焊表面成形、缝焊熔深的影响因素以及缝焊缝的抗剪强度变化规律。结果表明, 激光 - TIG 复合缝焊的焊缝为明显的“图钉型”形貌, 上部分为 TIG 电弧焊接成形, 下部分为典型的激光焊接成形。镁合金复合热源缝焊具有焊接速度快、焊缝成形美观、焊接参数范围较宽等特点, 接头抗剪强度较高, 是一种优良的焊接方式。

关键词: 镁合金; 激光 - 钨极氩弧; 复合热源缝焊; 抗剪强度

中图分类号: TG 403 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253 - 360X(2005)03 - 21 - 04



迟鸣声

0 序 言

当前汽车焊接制造的特点与关键技术是焊接新工艺、新材料、新方法在汽车制造中的应用与高强轻金属材料的焊接问题。镁合金具有比重轻、比强度高、回收性好等优点, 在汽车领域拥有广阔前景。为了减轻车身重量^[1], 在汽车的框架和底板等结构件中, 缝焊缝数量很多。当前汽车工业上主要采用激光缝焊的方式。激光焊接具有焊接速度快, 焊接变形小, 热影响区窄, 焊缝美观等优点, 但对于高反射金属(镁、铝、铜及其合金)激光能量利用率很低, 随着焊接厚度的增加, 对激光器功率的要求也越高, 从而使激光的应用受到限制。激光与电弧复合热源焊接在继承激光焊接优点的同时在很大程度上又弥补了单独激光焊接的不足, 可以起到提高能量利用率、增大熔深、降低焊接缺陷的效果, 是一种高效的焊接方式, 复合热源焊接作为一种新的焊接方法也越来越多的应用于制造领域。

文中针对目前应用较广的变形镁合金 AZ31B, 研究了变形镁合金 YAG 激光 - TIG 复合热源缝焊工艺特点, 探讨了缝焊表面成形的影响因素、各工艺参数对缝焊熔深的影响规律以及缝焊缝的抗剪强度变化。

收稿日期: 2004 - 03 - 30

基金项目: 国家高技术研究发展专项经费(863 计划, 2002AA331160)资助项目

1 试验方法与装置

1.1 试验设备

采用复合热源焊接设备为 LWS - 500YAG 固体脉冲激光器加旁轴式 TIG 氩弧焊机, 试验所采用的热源如图 1 所示。

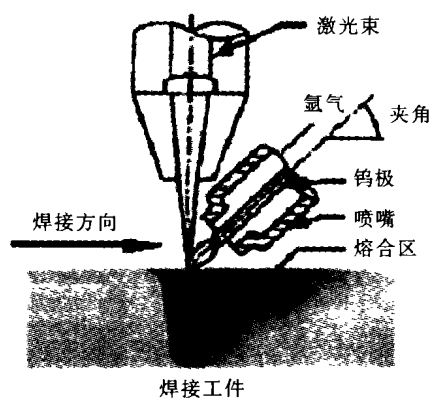


图 1 激光-TIG 复合热源示意图

Fig. 1 Principle of laser-TIG hybrid welding

1.2 试验材料的选择

试验采用尺寸为 100 mm × 30 mm × 1.6 mm 的变形镁合金 AZ31B 板材。焊前采用丙酮去除油脂, 干燥后分别用砂布和钢刷去除氧化膜。

1.3 接头形式

选用全搭接形式(over-lap)即缝焊, 如图 2 所示。

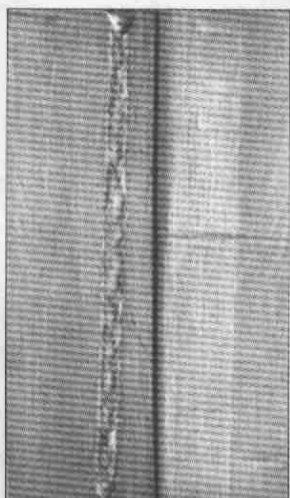


图 2 接头形式
Fig.2 Joint geometry

2 试验结果与分析

2.1 焊接速度对缝焊表面成形的影响

在复合热源焊接过程中 TIG 焊接电流不变 (100 A), 焊接速度 v 介于 600 ~ 2000 mm/min 之间, 焊接速度过大会产生激光与电弧分离现象, 造成焊接熔深不够; 焊接速度过低易产生烧穿、分层现象。图 3 是焊接速度的变化对焊缝表面成形的影响, 从图中可以看出, 采用激光 - TIG 复合热源焊接镁合金, 焊缝表面连续、平稳。当速度在 700 mm/min 时, 由于热输入较大, 处于上面的镁板被吹开。

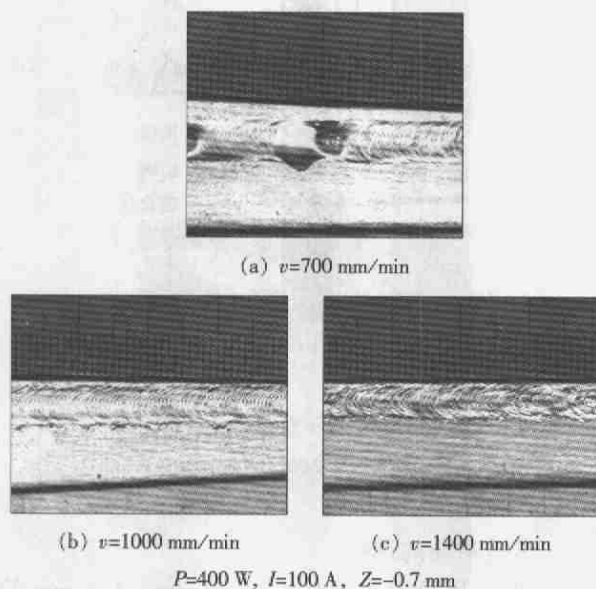


图 3 不同焊接速度的焊缝表面成形
Fig.3 Weld appearances at different speed

试验发现, 其它参数 (激光功率 P 、离焦量 Z) 以及板厚一定的条件下当焊接速度超过 1 400 mm/min

时, 焊缝表面出现激光束单独走过的痕迹, 激光与电弧没有完全复合上, 这说明激光与电弧的复合也需要一定的条件。

2.2 工艺参数对缝焊熔深、熔宽的影响

2.2.1 焊接速度对缝焊熔深的影响

图 4 为同样焊接电流 (100 A) 不同速度下焊缝横截面, 从图中可以看出, 焊缝为明显的“图钉型”形貌, 这也反映了激光 - TIG 复合缝焊的焊缝成形特点。焊缝上部分为 TIG 电弧焊接成形, 而焊缝下部分为典型的激光焊接成形。由图中可以看出缝焊的熔深主要依靠于激光的熔透能力, 在复合热源缝焊工艺中, 激光的能量得到充分的吸收, 激光产生的小孔继续向下层板材深处扩展, 甚至穿透下层板材, 从而实现缝焊过程。

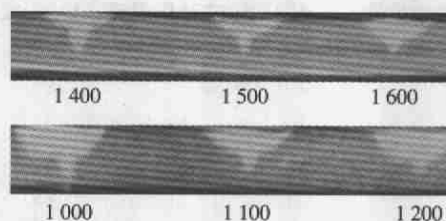


图 4 不同焊接速度 (mm/min) 下的焊缝截面
Fig.4 Bead cross-section at different welding speed

熔深对复合热源缝焊的意义很大。在缝焊过程中两层板间易产生气孔, 气孔的存在严重影响焊缝力学性能, 试验发现当上下两层板材完全焊透时, 焊缝气孔的数量大大减少, 这是因为熔深越大, 说明激光的小孔效应越显著, 小孔向下扩展的越深, 气体就在小孔挤压下越远离于上下两层结合处, 而当完全焊透时, 熔深达到最大, 这种效应最为显著, 从而得到高质量的焊接过程。

图 5 为焊接速度对缝焊熔深的影响规律, 从图中看出缝焊熔深随速度的降低而增大, 当 TIG 焊接电流为 100 A 时, 焊接速度小于 1 300 mm/min 两个板能够良好连接, 在速度小于 1 000 mm/min 下层板能被完全焊透。

2.2.2 激光离焦量 Z 对熔深的影响

离焦量即激光焦点相对于被焊工件表面的位置, 是一个对焊缝成形非常敏感的参数, 很小的出入就会造成缝焊熔深的较大差异。

图 6 为缝焊两个 1.6 mm 厚度板材时不同离焦量对焊缝熔深的影响。从图中可以看出当离焦量在 -0.8 mm 时, 激光能量作用充分, 此时产生的小孔效应使这一过程属于激光深熔; 当离焦量超过 -1.2 mm 后, 激光能量增大熔深的作用不明显, 说明此时

已属于热导焊过程。因此,焊接过程中,离焦量的调整很重要,一般激光焦点处在焊接试样板厚的四分之一为最佳。

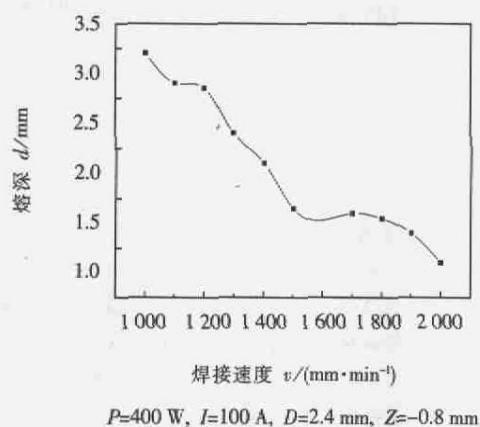


图5 焊接速度对熔深的影响

Fig.5 Influence of welding speed on weld penetration

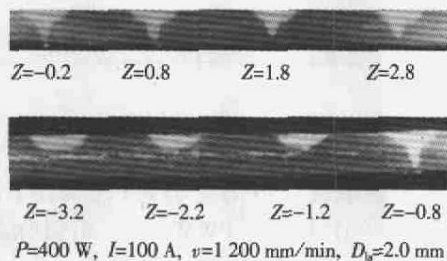


图6 激光离焦量Z的变化对焊接熔深的影响

Fig.6 Influence of laser focus position on weld penetration

2.2.3 激光斑点与电弧中心距离 D_{la} 对熔深影响

复合热源缝焊过程中电弧使表面金属液化,增大了材料对激光的吸收率;另一方面激光改变了电弧热源特性,激光与电弧复合时,电弧被吸附到激光与材料的冲击点上,使电弧能量更加集中。随着电弧中心与激光斑点间的距离减小,焊缝的熔深明显增大,但当距离小到一定程度时,激光与电流间的增强作用减弱,熔深反而变小(图7)。

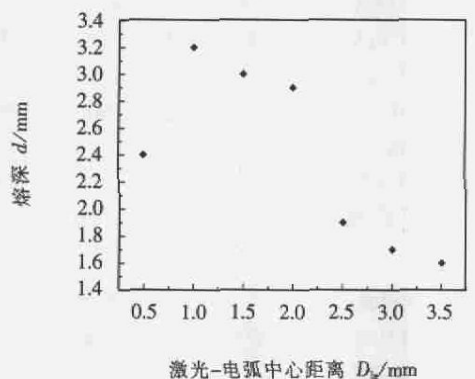


图7 D_{la} 对焊缝熔深的影响

Fig.7 Influence of D_{la} on weld penetration

2.2.4 TIG 焊接电流对缝焊熔宽的影响

缝焊缝在上层板具有明显的 TIG 电弧焊接成形特点,所以 TIG 焊接电流对于焊缝熔宽的大小是一个很敏感的参数,图8为它们之间的关系曲线。电流的增大对缝焊缝熔深有一定的影响,但并不像焊接速度等其它焊接参数对熔深影响那么显著。

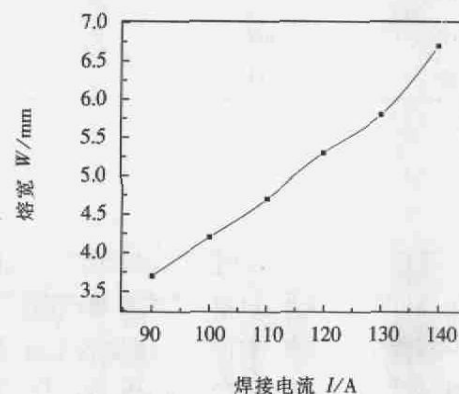


图8 TIG 焊接电流对熔宽的影响

Fig.8 Influence of TIG welding current on weld width

3 缝焊缝的抗剪强度

复合热源缝焊缝剪切试样的制备如图9所示^[2],做剪切试验时,为了抵消偏心力矩,在夹头处各垫上一块与试样等厚的板。



图9 剪切试样

Fig.9 Test specimen for tensile shear strength of lap-welded joint

缝焊缝的抗剪强度测试结果如表1所示,抗剪强度随着焊接速度的增加而逐渐减低:当焊接速度小于1100 mm/min时,抗剪强度达到母材抗拉强度的62.1%;当速度在900 mm/min时,抗剪强度与母材的抗拉强度百分比达到80%以上,达到了该种接头的优良水准。这是因为复合热源缝焊熔深随着速度的减低而增大,从前面的分析可知熔深的增大会避免缝焊过程中气孔的产生,这样就使抗剪强度得到了相应的提高。

综上所述,复合热源缝焊镁合金是完全可行的。

表 1 复合热源缝焊缝抗剪强度
Table 1 Shearing strength of lap joints by laser-TIG hybrid welding

焊接速度 $v/(mm \cdot min^{-1})$	抗剪强度 τ/MPa	母材百分比 %
900	193.3	80.1
1000	164.9	68.3
1100	149.8	62.1
1200	111.5	46.2

4 结 论

(1) 采用激光-TIG 复合热源缝焊镁合金能够得到质量良好的焊缝并且焊接工艺参数范围较宽。

(2) 缝焊缝熔深是评定焊接质量的重要依据,熔深越大两层间的结合愈牢固。焊接速度、激光

斑点与电弧中心距离、离焦量对缝焊熔深均有很大影响。

(3) 激光-TIG 复合热源缝焊镁合金可以得到抗剪强度较高的焊接接头,是一种优良的焊接工艺。

参考文献:

- [1] 彭 毅,郑大春. 激光加工在汽车工业生产中的应用[J]. 新材料新工艺,2000,(7):15-17.
- [2] Moriaki Ono, Yukio Shinbo, Akihide Yoshitake. Development of laser-arc hybrid welding[J]. NKK Technical Review, 2002, 86: 8-12.

作者简介: 迟鸣声,男,1980 年 7 月出生,硕士研究生。主要研究方向为镁合金复合热源焊接工艺及其数值模拟。

Email: liulm@dlut.edu.cn

[上接第 20 页]

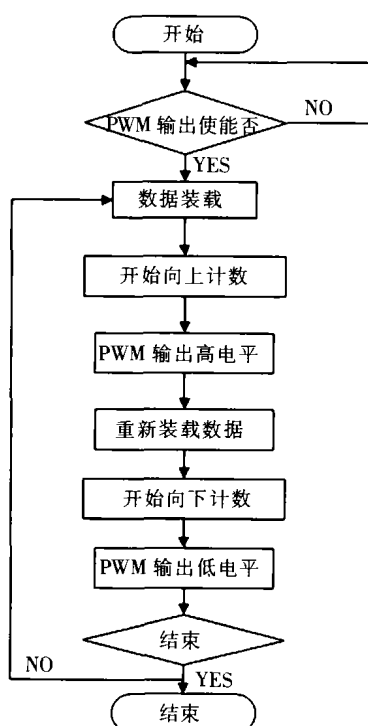


图 7 数字 PWM 流程图

Fig. 7 Digital PWM diagram of CPLD

控制算法成为可能。焊机采用键盘输入及液晶显示,从而使参数预置和显示实时、清晰明了。DSP-MCU 双机通信采用双口 RAM 使通信的速度以及

抗干扰能力得到极大的提高。X25045 的运用使焊机具有了储存最优参数的能力,方便操作者使用。同时,运用 CPLD 来产生 PWM 信号,可以弥补通用 PWM 的不足,通过 VHDL 语言来自行设计具有 PWM 功能的芯片,使系统的整体性能得到了加强。试验结果证明所设计的控制系统完全满足多功能数字化逆变焊机控制要求。

参考文献:

- [1] Liu Jia, Lu Zheng yang, Yin Shuyan. The digitalization of welding inverter[J]. Transactions of the China Welding Institution, 2002, 23(1): 88-92.
- [2] 刘 嘉,卢振洋,殷树言,等. 电焊机的数字化[J]. 焊接学报, 2002, 23(1): 88-92.
- [3] 公茂法,马宝甫,孙 晨. 单片机人机接口实例集[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1998. 63-65.
- [4] 李朝青. PC 机及单片机数据通信技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000. 103-114.
- [5] 宋万杰,罗 丰,吴顺君. CPLD 技术及其应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1999. 83-107.
- [6] 程杰斌,王华民,李劲松,等. 基于 CPLD 的全数字脉宽调制器的设计[J]. 电力电子技术,2003,37(3):76-78.

作者简介: 李鹤岐,男,1940 年 5 月出生,教授,博士生导师。主要研究方向为材料加工过程智能控制与自动化。获省部级科技成果奖 7 项,发表研究论文 80 余篇。

Email: lihq@lut.cn