

# 氦气-氩气混合比对 AZ31 镁合金 TIG 焊焊接性的影响

汪喜和<sup>1</sup>, 刘胜新<sup>1</sup>, 陈 永<sup>1</sup>, 匡迎焕<sup>1</sup>, 关绍康<sup>1</sup>, 牛济泰<sup>1,2</sup>

(1. 郑州大学 材料科学与工程学院, 河南 郑州 450002;

2. 哈尔滨工业大学 现代焊接生产技术国家重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:**探讨了氦气和氩气不同配比对 AZ31 镁合金交流钨极惰性气体保护焊(TIG)焊接性的影响, 对不同气体配比的混合气体电弧特性、熔深、焊缝成型进行了分析和测定。结果表明: 电弧随保护气中氦气的增多而收缩, 接头的熔深随氦气的增多而增大。氦气与氩气比例为 1:1 时焊接接头成型性和焊接可操作性最好。

**关键词:** 镁合金; 焊接; TIG; He-Ar 混合气体

**中图分类号:** TG146.22; TG444.74 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7235(2006)12-0043-03

## Effect of He-to-Ar ratio on weldability of TIG of AZ31 magnesium alloy

WANG Xi-he<sup>1</sup>, LIU Sheng-xin<sup>1</sup>, CHEN Yong<sup>1</sup>, KUANG Ying-huan<sup>1</sup>, GUAN Shao-kang<sup>1</sup>, NIU Ji-tai<sup>1,2</sup>

(1. School of Materials Science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 2. National Key Laboratory for Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

**Abstract:** The influence of He-to-Ar ratio in AC-TIG on the AZ31 welding properties was studied. The arc characters, weld penetration, joint forming were measured and analyzed. The results show that arc shape shrinks and weld penetration increases as the He ratio increases in the mixture gas. When the mixed ratio of helium to argon equals to 1:1, the visual appearance and operability of welding are superior to those obtained in other cases.

**Key words:** magnesium alloy; welding; TIG; He-Ar mixed gas

由于镁合金具有低密度、高比强度、高比刚度、阻尼减震性好、易机械加工和再回收利用等优点, 被誉为 21 世纪最富有开发和应用潜力的可持续发展的“绿色工程材料”, 在航空航天、电子、汽车等方面有广泛的应用。近年来, 汽车设计者和生产商为了降低对环境的污染, 在提高燃料利用率和减少二氧化碳排放量方面做了大量研究, 如寻找新的无污染燃料, 改变汽车发动机性能和减轻汽车质量等, 其中减轻汽车质量是一种最有效的方法。对于一辆中等大小的汽车, 汽车质量减少 10%, 它的燃油量可以减少 6%~8%<sup>[1-2]</sup>。

镁合金的大量使用, 使得镁合金的连接技术成为解决镁合金应用的迫切问题。钨极氩弧焊(TIG)以其简单实用成为镁合金焊接中应用最为广泛的焊接方法。在 TIG 中, 国内外主要运用氩气作为保护气体, 而对氩气和氦气混合保护研究极少, 本文以氦气和氩气的混合气体作为 TIG 的保护气体, 研究了不同气体配比对 AZ31 镁合金焊接性的影响。

## 1 试验方法

试验材料的化学成分如表 1 所示。

表 1 AZ31 镁合金中各合金元素质量分数

| Al      | Zn      | Mn      | Ca   | Si   | Cu   | Ni    | Fe    | Mg |
|---------|---------|---------|------|------|------|-------|-------|----|
| 2.5~3.5 | 0.5~1.5 | 0.2~0.5 | 0.04 | 0.10 | 0.05 | 0.005 | 0.005 | 余量 |

收稿日期: 2006-08-11

第一作者简介: 汪喜和(1948-), 男, 河南郑州人, 工程师, 主要从事焊接实验教学工作。

将镁合金板材加工成尺寸为  $100\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 8\text{ mm}$  的试件。利用 AZ31 镁合金板材自制焊丝。氦气与氩气的纯度均为 99.99% (体积分数)。采用型号为 WSE-315 交直流方波多功能 TIG 焊机分别进行不填丝和填丝交流焊接。

### 1.1 不填丝 TIG 焊

进行不填丝 TIG 焊, 测试气体比例对电弧特性和焊缝熔深的影响, 焊前用砂纸打磨焊缝表面, 直至出现银白色金属光泽, 并用丙酮溶液清洗以去除氧化膜及其他表面杂质。

取打磨干净的镁板七块, 分别标以 1 号、2 号、3 号、4 号、5 号、6 号、7 号。采用焊接小车自动行走焊接。焊接时以铜板为垫板, 用夹具将镁板固定在铜板上, 焊接工艺参数见表 2。

表 2 不填丝交流 TIG 焊焊接工艺参数

| 电流<br>A | 弧长<br>mm | 气体总流量<br>$\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ | 焊接速度<br>$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ | 钨极直径<br>mm |
|---------|----------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------|
| 120     | 8        | 6                                         | 140                                       | 3.2        |

调节气体配比以观察电弧变化, 氦气在混合气体中的体积分数分别为 0%, 10%, 30%, 50%, 70%, 90%, 100% 时依次得到电弧形状图, 由此可分析气体比例的变化对电弧特性的影响。

取与上述试验同规格的材料七块, 将电弧长度均改为 4 mm, 其他焊接工艺参数与表 2 相同。氦气在混合气体中的体积分数分别为 0%, 10%, 30%, 50%, 70%, 90%, 100% 时依次得到不同的焊缝熔深。焊后将镁板垂直焊缝锯开, 将横断面打磨并抛光制成金相试样, 用苦味酸与冰醋酸的混合液腐蚀, 测量焊缝熔深。

### 1.2 填丝 TIG 焊

试验材料的规格、焊前准备与不填丝 TIG 焊的相同。采用手工填丝 TIG 焊, 电弧长度约为 4 mm, 其他工艺参数与不填丝 TIG 焊的相同。所用焊丝为自

制 AZ31 焊丝, 焊丝焊前打磨干净。焊枪与镁板成  $75^\circ \sim 80^\circ$  角, 焊丝与镁板成  $10^\circ \sim 15^\circ$  角, 向前快速送入熔池中。在不同气体比例下进行焊接, 得到不同的焊缝成型外观和不同的焊接可操作性, 并由此分析得出 AZ31 填丝 TIG 焊最佳气体配比。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 气体比例对电弧特性的影响

随着氦气体积配比的变化, 电弧形状变化如图 1 所示。

图 1a~图 1g 分别为氦气体积分数为 0%、10%、30%、50%、70%、90%、100% 情况下电弧的照片, 照片均为数码相机加焊接用滤光镜片所得, 相机镜头与电弧的距离不变。由图 1 可以看出随着氦气在混合气体中比例的增大, 电弧逐渐收缩, 特别是当为纯氦气时, 电弧形态较纯氩气时有明显的改变, 电弧收缩较严重, 弧柱细而集中。电弧颜色由白亮逐渐转变为橙黄, 这主要是由于纯氦气的谱线主要位于橙色波长范围内<sup>[3]</sup>, 随着氦气体积流量分数的增大, 电弧中氦原子电离、复合的数目逐渐增多, 其谱线的相对强度也不断增大, 故宏观上电弧颜色逐渐由白亮向橙色变化。

氦气密度比空气的大, 而比热容和热导率比空气的小, 这些特性使氦气具有良好的保护作用 and 稳弧作用。和氩气相比, 氦气电离电位高, 热导率大<sup>[4]</sup>, 在相同的焊接电流和电弧长度条件下, 氦弧的电弧电压比氩弧的高 (即电弧的电场强度高), 使电弧有较大的功率。并且氦气冷却效果好, 使得电弧能量密度大, 弧柱细而集中, 焊缝有较大的熔透率。

在试验过程中还发现电弧稳定性随氦气比例的增大而降低, 当氦气体积分数超过 70% 时, 引弧困难,

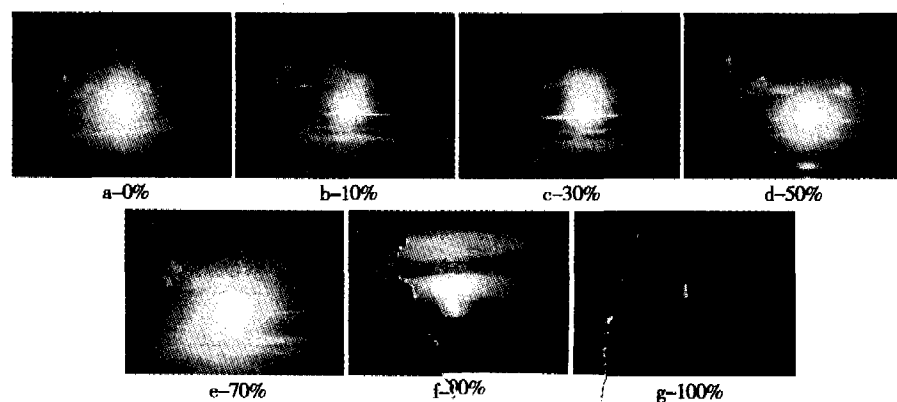


图 1 氦气比例对电弧特性的影响

电弧不稳定,保护效果差;90%时熔池飞溅严重。当氦气达到90%以上时,引弧极其困难,且焊接过程电弧极不稳定。

## 2.2 气体比例对焊缝成型的影响

焊缝外观如图2所示。

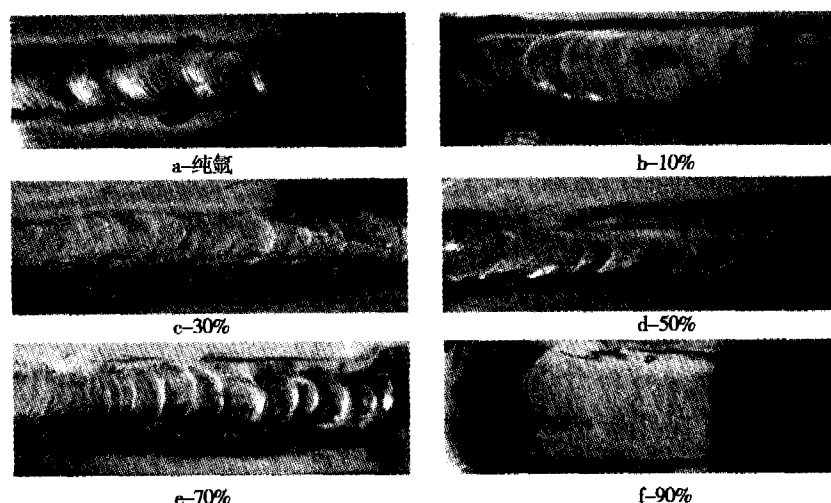


图2 氦气比例对焊缝外观的影响

图2a~图2f分别为氦气体积分数为0%(纯氩)、10%、30%、50%、70%、90%的焊缝照片。由于纯氩引弧困难,基本上无法实现正常焊接,因此没有纯氩保护的焊缝照片。试验发现,当混合气体中氦气的体积分数达到50%时,电弧燃烧稳定,阴极清理作用好,电弧温度较高,热能输入大,工件熔透较深。50%时保护效果最好,焊缝表面呈银白色,表面光滑,无堆高,无裂纹和气孔的焊缝,板材几乎没有变形,外观成型美观。90%的氦气时熔池飞溅、烟量大,焊缝表面氧化严重。随着氦气比例增加,焊缝逐渐变窄,只是由于电弧逐渐收缩、弧柱变细所致。

## 2.3 气体比例对熔深的影响

图3a~图3g依次为氦气体积分数为0%、10%、30%、50%、70%、90%、100%时的熔深照片,表3为测量得到的熔深变化数据。由图3中可以看出,随着氦气在混合气体中比例的增大,熔深逐渐增大,形状由蘑菇状变成扁平状,但在氦气体积分数超过50%时,熔深变化较缓慢。这是因为氦弧的功率较氩弧大,随氦气的增多,电弧能量密度增大,电弧收缩,熔透率增大,导致熔深变深,但由于受到工件厚度和焊接约束的作用,熔深达到6.5 mm左右不再明显变化。

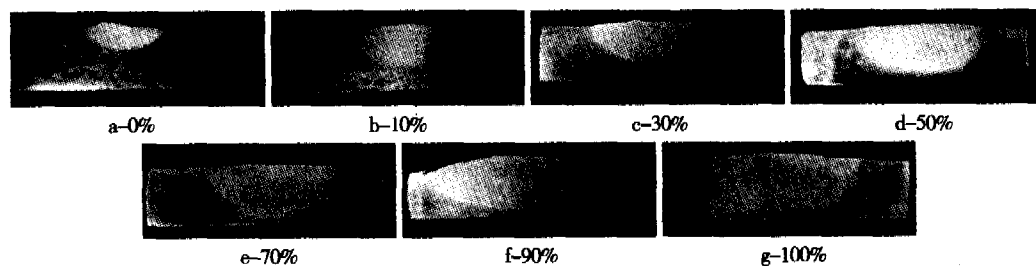


图3 氦气比例对熔深的影响

表3 熔深变化

| 氦气体积分数/% | 0   | 10   | 30   | 50   | 70   | 90   | 100  |
|----------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 焊缝宽度/mm  | 9.9 | 13.0 | 15.8 | 16.1 | 18.9 | 18.2 | 20.9 |
| 焊缝熔深/mm  | 2.1 | 4.9  | 5.9  | 6.2  | 6.3  | 6.9  | 7.1  |

(下转第54页)

(上接第 22 页)

- [4] 黄庆学. 轧机轴承与轧辊寿命研究及应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [5] 张立华, 黄明辉, 肖文锋. 提高铸轧辊使用寿命的研究[J]. 中国机械工程, 1999(7): 34 - 37.
- [6] TSENG A A, TONG S, LIN F H. Thermal stresses of rotating rolls in rolling processing[J]. Journal of Thermal Stresses, 1989(12): 427 - 450.

(上接第 45 页)

## 2.4 气体比例对焊接的可操作性的影响

随着氦气比例的增加, 熔池飞溅逐渐严重, 焊接烟气增加, 氦气比例达到 90% 时, 镁合金蒸发严重, 焊接烟气大, 操作者有头晕、胸闷、恶心症状, 基本上无法实现正常焊接。从焊接的实用性、经济性和环保性出发, 氦-氩混合保护气中, 可采用 30% ~ 50% 的氦气进行焊接 AZ31 镁合金。

## 3 结 论

(1) 随着混合气体中氦气的增加, 电弧逐渐收

缩, 熔透率增大, 焊缝熔深变深。当氦气体积比由 0% 逐渐增至 50% 时, 熔深迅速增加, 超过 50% 以后增加不明显。

(2) 氦气体积比为 50% 时, 电弧稳定性和保护效果最好。当氦气体积分数超过 70% 时, 引弧困难, 电弧不稳定, 保护效果差。氦气体积比为 90% 时熔池飞溅严重, 镁合金蒸发严重, 烟气大, 操作者有头晕、胸闷、恶心症状。纯氦气保护时引弧极其困难。

(3) 氦气-氩气混合保护可成功焊接镁合金板材, 获得足够的熔深和良好的接头形状。

## 参 考 文 献:

- [1] AGHION E, BRONFIN B, FRIEDRICH H, et al. The environmental impact of new magnesium alloys on the transportation industry[A]. Alan A L. Magnesium Technology 2004[C]. USA: TMS (The Materials, Metals & materials Society), 2004: 167 - 172.
- [2] MYERS P S. Reducing transportation fuel consumption: how far should we go [J]. Proceeding-Society of Automotive Engineers, 1992, 10: 225 - 234.
- [3] 冯吉才, 王亚荣, 张忠典. 镁合金焊接技术的研究现状及应用[J]. 中国有色金属学报, 2005, 15 (2): 165 - 178.
- [4] 李明利, 刘占民. 大电流钨极氦-氩混合气体电弧行为分析[J]. 焊接学报, 2005, 26(8): 39 - 41.
- [5] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001: 145 - 146.

## Novelis Fusion™ 法铸出 690 mm × 1 750 mm 复合大扁锭

诺威力铝业公司(Novelis Aluminum Corporation)发明的复合扁锭铸造法(Novelis Fusion™ Process)是半连续铸造工艺(DC Casting)的又一项突破性成就, 成功地铸得了 690 mm × 1 750 mm A1200/2124 复合大扁锭, 其芯层锭为 2124 合金, 而在锭的两面包铸以 1200 合金作为包铝层, 可用此锭轧制航空薄板。包铝层与芯层的结合比常规热叠轧产品的好得多, 最终产品的力学性能可完全满足标准要求, 而生产成本则要低一些。

Novelis Fusion™ 复合铸造法的问世, 对扩大铝材应用将起积极的促进作用。

诺威力公司奥斯威戈(Oswego)轧制厂已形成 70 kt/a 复合锭的生产能力, 可生产 100 多种合金。

## 高强度 Al-Mg-Si 合金

据美国专利 6 994 760 B2 报道, 德国柯鲁斯集团(Corus Group)科布伦茨轧制厂(Corus aluminium walzprodukte GmbH, Koblenz)发明一种高强度 Al-Mg-Si 合金, 其特点是中间金属化合物的含量低, 因而既有高的强度又有良好的疲劳性能, 其主要成分(质量分数/%) : Si0.75, Cu0.6, Mn0.2, Mg0.45, Fe0.01, 其他杂质微量。铸锭在均匀化处理后, 于 530℃ ~ 560℃ 加热(4 ~ 30) h 后热轧。