

文章编号:1002-025X(2010)02-0015-03

42CrMo 激光焊焊缝组织

庞 铭¹, 谭建松¹, 王建平¹, 吴 波¹, 解志民¹, 胡定云¹, 郑彩云²

(1.中国北方发动机研究所分所, 河北 廊坊 065000; 2.中国科学院 力学研究所, 北京 100190)

摘要: 42CrMo 合金钢 C 含量高、合金元素含量多、淬硬倾向大, 焊接性能差。激光焊接具有功率密度高、焊接变形小等优点, 适合焊接传统工艺难焊的同种或异种金属。通过额定功率为 3 kW 的 Nd:YAG 固体激光器焊接 42CrMo, 采用光学显微镜 (OM)、扫描电镜 (SEM)、X 衍射、硬度仪分析了焊缝区域组织、成分和硬度变化。研究表明: 焊缝区域组织为马氏体, 热影响完全淬火区的组织为马氏体+贝氏体组织, 热影响不完全淬火区的组织为贝氏体。从焊缝正面到焊缝背面的硬度分布表明: 由于焊缝正面有保护气体的作用提高了焊缝正面熔池的冷却速度, 使焊缝背面的硬度低于焊缝正面的硬度。

关键词: 激光焊接; 42CrMo; 焊缝硬度; 组织

中图分类号: TG456.7 **文献标志码:** B

42CrMo 是合金中碳钢, 由于具有良好的强度、韧性匹配及较高的疲劳强度, 在中硬齿面齿轮上应用广泛^[1]。受加工条件限制, 大直径锻造齿轮整体制造很困难, 甚至必须分体加工后再通过焊接实现连接^[2]。但 42CrMo C 含量高, 合金元素含量多, 淬硬倾向比较大, 由国际焊接学会推荐的公式计算该钢的碳当量为 0.87%, 其焊接性很差。目前采用的焊接方法有弧焊、电阻焊和电子束焊等方法^[3]。采用传统

的焊接方法, 必须进行预热和焊后热处理, 同时调质状态如何避免焊接热影响区的软化也是一个很大的挑战。

激光焊接具有功率密度高、焊接速度快、焊接热影响区小、焊接试样变形小等优点, 适合焊接传统工艺难焊的同种或异种金属^[4]。北京工业大学的吴世凯研究了采用激光填丝焊接合金钢 42CrMo, 本文研究了采用不填丝激光焊接 42CrMo 合金钢组织演变和接头的力学性能, 为采用不填丝激光焊接 42CrMo 工业应用奠定基础。

收稿日期: 2009-08-09

(2) 纳米 WC 可以提高涂层的显微硬度及其耐磨性, 当纳米 $w(\text{WC})4\%$ 时, 涂层的显微硬度最高, 耐磨性最好。

参考文献:

- [1] 颜永根, 李明喜, 张世宏, 等. 纳米 CeO₂ 对 Ni 基合金激光熔覆层的组织与耐蚀性的影响[J]. 中国稀土学报, 2007, 25(5): 620-624.
- [2] 关耀辉, 郑仲瑜, 徐 杨, 等. 离子喷涂纳米 FeS 涂层的摩擦磨损性能研究[J]. 摩擦学学报, 2006, 26(4): 320-323.
- [3] 邓 刚, 宋延沛, 王文焱. WC 颗粒增强铁基梯度功能复合耐磨材料研究[J]. 热加工工艺, 2005, 34(5): 14-16.
- [4] 陈传忠, 于慧君, 王曙光, 等. WC/Ni 金属陶瓷亚音速火焰喷涂层的微观组织机构[J]. 陶瓷学报, 1999, 20(3): 141-145.
- [5] 贺定勇, 傅斌友, 蒋建敏, 等. 含 WC 陶瓷相电弧喷涂层耐磨粒磨损性能的研究[J]. 摩擦学学报, 2007, 27(2): 116-120.
- [6] 赵晓琴, 周惠娣, 陈建敏, 等. 离子喷涂纳米和常规喂料 WC-Co

涂层在干摩擦和水环境中的摩擦磨损性能研究[J]. 摩擦学学报, 2006, 26(3): 208-213.

- [7] 邱长军, 刘瑞林, 陈艾华, 等. 热喷涂层的梯度液相烧结[J]. 材料研究学报, 2001, 15(4): 479-483.
- [8] 孙成琪. 低能等离子喷涂 WC 特性的研究[D]. 辽宁 大连: 大连海事大学, 2005: 32-33.
- [9] 贺定勇, 张发云, 蒋建敏, 等. 铁基含 TiC 陶瓷粉电弧喷涂粉芯丝材的研究[J]. 中国表面工程, 2006, 19(5): 41-44.
- [10] 高 阳, 史雅琴, 辛 刚, 等. 等离子喷涂碳化钨涂层组织与喷涂条件的关系[J]. 机械工程材料, 2002, 26(8): 25-27.
- [11] 马永会, 阎殿然, 何继宁. WC/Ni 60 等离子喷涂层的耐磨粒磨损特性研究[J]. 新技术新工艺, 2003, 30(11): 39-40.
- [12] 张 阁. NiCr/WC 纳米喷涂材料制备及涂层初步研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2004: 56-57.

作者简介: 李建国 (1950—), 男, 河南洛阳人, 教授, 主要从事纳米材料在热喷涂中的应用的研究。

1 试样制备和试验方法

1.1 试样制备

试验用材料为合金中碳钢 42CrMo, 厚度 5 mm。焊前需用丙酮对试样进行清洗。激光焊接对工作台的精度要求很高, 本试验采用千分表调整工作台的水平和垂直精度, 使其误差范围在 0.04 mm 内。对激光焊接功率 $P=3$ kW, 速度 $v=10$ mm/s, 离焦量 $\Delta f=-1$ mm 的焊接试样, 通过线切割切取焊缝横截面, 使用硝酸酒精腐蚀。通过光学显微镜和扫描电镜观察焊缝组织, 使用硬度仪测量焊缝区的硬度。

1.2 试验方法

试验设备采用连续波 Nd:YAG 固体激光器, 额定输出功率 3 kW, 光束模式为多模, 聚焦镜头焦距 200 mm。侧吹保护气体为高纯度的氩气, 侧吹保护气角度 35° , 侧吹保护气吹气方向与焊接方向相反。42CrMo 采用对接, 不留间隙, 连续激光焊接, 激光热源对称加载在焊接接头中心。

2 试验结果和讨论

图 1 是激光焊接 42CrMo 焊缝的宏观形貌, 从图 1 可以看出, 焊缝的尺寸从正面到背面的宽度波动不大。由激光深熔焊焊接原理可知: 激光深熔焊的条件是激光作用在材料表面能使材料产生汽化, 汽化金属产生的反作用力作用在材料表面, 在材料表面形成一个凹坑, 当激光继续照射在凹坑的底部, 使凹坑进一步加深, 在焊接熔池中形成匙孔。由于 42CrMo 的热导率大, 激光能量迅速通过匙孔壁的热传导产生损耗, 使汽化的金属蒸气被电离成高温等离子体的数量减少, 导致等离子体在激光穿透焊缝正面和背面的附加热源效果降低。42CrMo 熔池黏性系数小, 导致焊接熔池的流动和传热充分, 这些综合效果导致焊缝形貌从正面到背面宽度波动不大。

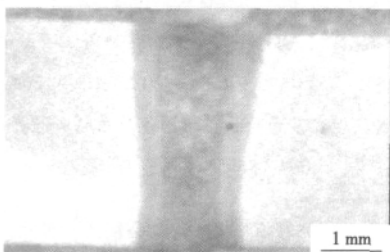


图 1 42CrMo 宏观焊缝形貌

图 2 为母材组织, 从图 2 可以看出, 母材组织为回火索氏体。图 3 为不完全淬火区的显微组织, 从图 3 可以看出, 在不完全淬火区为细小的贝氏体, 同时在晶界处保留有由于快速加热而很少熔入奥氏体的铁素体。图 4 是焊缝与热影响区的交界, 热影响完全淬火区的组织为马氏体与贝氏体的混合组织。从图 5 可以看出, 焊缝的组织为马氏体。

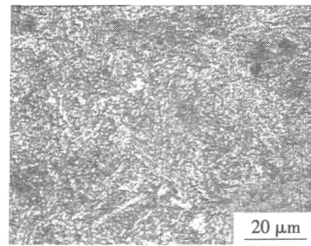


图 2 母材组织

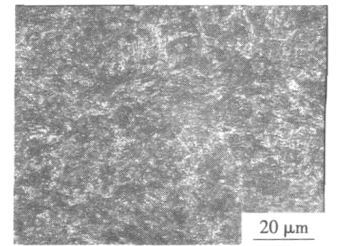


图 3 不完全淬火区显微组织

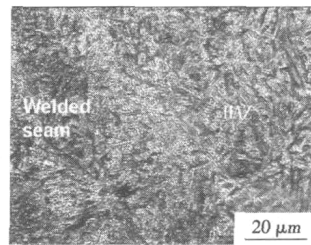


图 4 焊缝与热影响区的交界

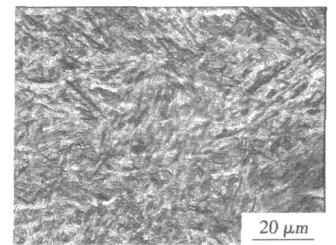


图 5 焊缝区域组织

图 6 为焊缝区域的 X 射线衍射图, 从图 6 的 X 射线衍射分析结果可以看出, 焊缝区域主要是马氏体, 该 X 射线衍射结果与图 5 对焊缝区域的组织观察是一致的。

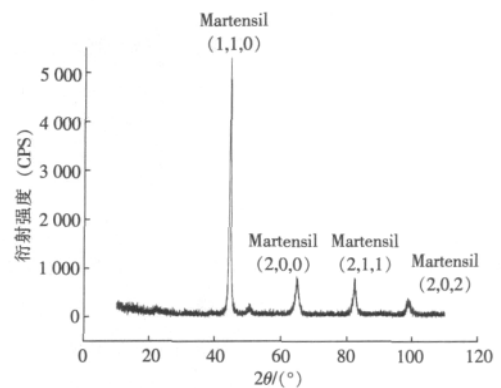


图 6 焊缝区域 XRD 图

图 7 是从焊缝正面到焊缝钉头的硬度分布, 从图 7 中可以看出, 焊缝钉头的硬度高于焊缝尾部的硬度。这是由于在焊接过程中, 熔池不同区域的峰值温度和冷却速度的差异导致焊缝截面的硬度发生波动引起的。

(下转第 20 页)

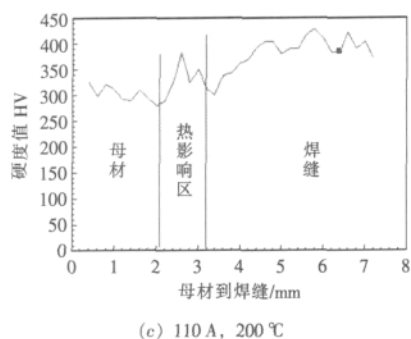


图6 不同焊接电流和道间温度堆焊后的焊缝的硬度曲线

3 结论

(1) 贝氏体焊条具有优良的焊接性能及使用性能, 采用该焊条在淬火态 42Cr2Mo 钢上以不同堆焊工艺参数堆焊的焊缝组织均以粒状贝氏体为主, 且道

(上接第 16 页)

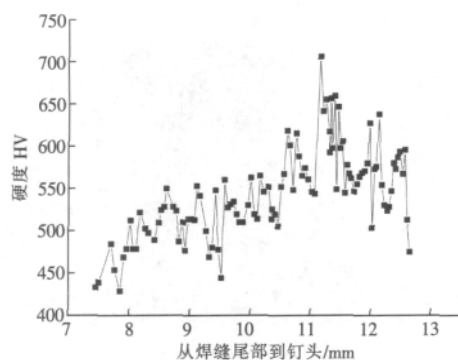


图7 从焊缝尾部到钉头的硬度分布

图 8, 9 是焊接工艺参数优化前后的断口图, 图 8 为断在焊缝处的断口形貌图。

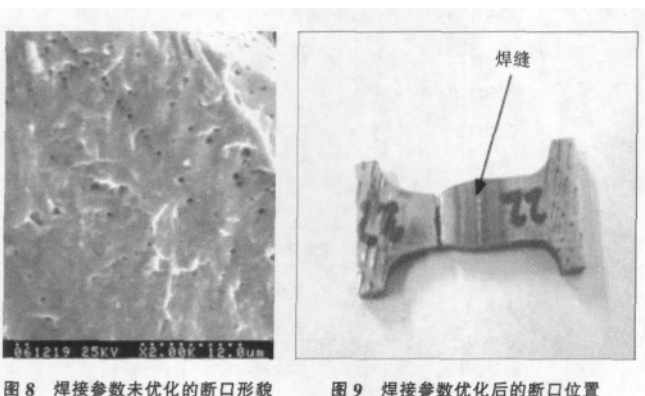


图8 焊接参数未优化的断口形貌

图9 焊接参数优化后的断口位置

从图 8 可以看出, 焊缝的断口处有密集的气孔, 这些气孔使焊缝的有效承载面积减小了, 从而降低了接头的强度。激光焊接气孔形成原因是: 焊接过程不稳定, 匙孔塌陷, 气体被包裹在焊接熔池中而形成气孔; 焊接熔池中的液体金属在高温下溶解了较多气

间温度高, 焊接电流越大, 焊缝组织越细。热影响区硬度值最大, 焊缝组织硬度略高于母材。

(2) 在 3 种不同焊接电流 (90, 100, 110 A) 和 2 种不同道间温度 (100, 200 °C) 的焊接工艺参数中, 以采用 110 A, 200 °C 时的堆焊效果最为理想。

参考文献:

- [1] 李亚江, 张永喜, 王娟, 等. 焊接修复技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 朱张校, 郑新明. 工程材料[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [3] 中国机械工程学会. 焊工手册·手工焊接与切割 (3 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

作者简介: 高炳易 (1966—), 男, 四川南充人, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 新材料制备技术。

体, 随温度的下降, 气体溶解度下降, 气体析出, 若析出的气体上浮速度小于熔池的凝固速度, 就会在焊缝内形成气孔。从图 9 中可看出, 试样经拉伸断裂位置在基体, 并且远离焊缝和热影响区。

3 结论

(1) 对 42CrMo 激光直接对焊, 焊缝区域组织为马氏体, 完全淬火区组织为马氏体+贝氏体, 不完全淬火区组织为贝氏体。

(2) 由于焊接过程熔池不同区域的峰值温度和冷却速度的差异, 导致焊缝钉头的硬度高于焊缝尾部的硬度。

(3) 焊接工艺参数优化前, 在焊缝区域易形成密集的气孔, 而参数经过优化后, 焊缝的抗拉强度可高于母材。

参考文献:

- [1] 吴世凯, 杨武雄, 董鹏, 等. 42CrMo 钢伞形齿轴轮窄间隙激光焊接接头组织与性能[J]. 焊接学报, 2007, 28(4): 25-29.
- [2] Guastaferrri D. Production laser welding of gears[C]//Proceedings of the SPIE—the International Society for Optical Engineering, 1986, 668: 223-231.
- [3] 王宏正, 于洪照, 崔凯, 等. 42CrMo 合金钢齿轮的焊接[J]. 焊接, 2001, 45(11): 36-37.
- [4] 虞钢, 虞和济. 集成化激光智能加工工程[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001: 109-112.

作者简介: 庞铭 (1980—), 男, 工学博士, 主要研究领域为激光加工和发动机可靠性。

MAIN TOPICS, ABSTRACTS & KEY WORDS

Effect of electromagnetic stirring on TIG weld-quality of AZ61 magnesium alloy

LIU Zheng-jun, JIA Hua, SU Yun-hai, TANG Xing-tao

(School of Material Sciences and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, Liaoning pro., China) P8-11

Abstract: In order to improve the poor weldability of AZ61 magnesium alloy, AC longitudinal magnetic field was employed to GTAW. The effect of electromagnetic stirring on hot crack and gas cavity of welded joint was studied through analyzing the microstructure. The results indicated that the crystal process was changed, the bubble was reduced, the sensibility of hot crack was depressed and the hot crack was restrained by electromagnetic stirring. Also the primary crystal organization of welding joint was refined. And the low melting eutectic was refined and spheroidized by electromagnetic stirring. So the mechanical properties of welding joint was improved. Softening of welding joint was prevented effectively. Furthermore, the quality of the welding joint was enhanced.

Key words: longitudinal magnetic field, electromagnetic stirring, magnesium alloy, TIG welding

Effect of nanometer WC powder on wear resistance of thermal spraying coating

LI Jian-guo¹, Guo Hong-jian², Du Mao-hua¹, Yao Qing-hu¹

(1.College of Materials Science and Engineering, Inner Mongolian University of Technology, Hohhot 010051, Inner Mongolian Autonomous Region, China; 2.Engineering Training Center of Lanzhou Polytechnic College, Lanzhou 730050, Gansu pro., China) P12-15

Abstract: The nanometer Ni, nanometer CeO₂ and different addition nanometer WC powder were added into traditional metal-ceramic coating materials, the composite coatings were manufactured on the surface of Q235 steel by the subsonic flame spraying, the microstructure and properties of coatings were studied, the influence of the nanometer WC powders on the composite coating were researched. The results showed that, with suitable addition of the nanometer WC in the Fe/WC coating, the microstructure of the spraying coating could be refined, microhardness and wear resistance of the coating could be increased.

Key words: subsonic flame spraying, Fe/WC coating, nanometer WC, wear resistance

Weld microstructure of steel 42CrMo by laser welding

PANG Ming¹, TAN Jian-song¹, WANG Jian-ping¹, WU Bo¹, XIE Zhi-ming¹, HU Ding-yun¹, ZHENG Cai-yun²

(1.Substation China North Engine Research Institute, Langfang 065000, Hebei pro., China; 2.Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China) P15-16, 20

Abstract: It was difficult to weld alloy steel 42CrMo for its high contents of carbon and diverse element. Laser welding was a high energy-density, low heat-input process with specific advantages over conventional fusion welding processes. These included high welding speed, narrow heat-affected zone and low distortion. Laser welding had distinct advantage over conventional fusion welding processes. Exploring experiments of laser welding alloy steel 42CrMo were conducted. Microstructure of the welded seam was characterized by optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD). Mechanical properties of the welded seam were evaluated by microhardness. The results showed that microstructure of welded seam was martensite. Completely quench region was martensite and bainite. Local quench region was bainite. Microhardness of the welded seam on bottom surface was lower than that of top surface due to protective gas effect.

Key words: laser welding, 42CrMo, microhardness, microstructure