

文章编号:1672-6987(2012)04-0409-04

# 药芯焊丝双丝高效堆焊技术的研究

赵程, 赵立亭

(青岛科技大学 机电工程学院; 表面技术研究所, 山东 青岛 266061)

**摘要:** 为了探索一种新的高效堆焊技术, 采用型号为 YJ501-1 的氧化钛型 CO<sub>2</sub> 气体保护药芯焊丝对低碳钢表面进行了双丝堆焊, 并利用金相显微镜、扫描电子显微镜、电子能谱分析仪和显微硬度计等分析方法对堆焊层以及堆焊层与基体之间的界面组织、成分和性能进行分析研究。试验结果表明, 利用双丝高效堆焊技术可以在金属表面制备一层结构致密、性能优越、结合牢固、稀释率低的堆焊层。

**关键词:** 药芯焊丝; 双丝堆焊; 高效堆焊; 稀释率

**中图分类号:** TG 455      **文献标志码:** A

## Research of on Efficient Two-wire Overlaying Technology Using Flux-cored Wire

ZHAO Cheng, ZHAO Li-ting

(College of Electromechanical Engineering; Surface Engineering Laboratory,  
Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

**Abstract:** A new two-wire overlaying method was explored in order to improve the overlaying efficiency. The two-wire overlaying was carried out using YJ501-1 Titanium oxide type flux-cored wire under the protection of CO<sub>2</sub> gas. The optical microscope, scanning electron microscopy, energy dispersive spectrometer and microhardness tester was used to analyze the microstructure, composition and property of the overlaying layer and the interface between the overlaying layer and base metal. The experimental results showed that a overlying layer with compact structure, superior performance, firmly bound and low-dilution was obtained after two-wire overlaying.

**Key words:** flux-cored wire; two-wire overlaying; efficient overlaying; dilution

堆焊技术作为焊接领域中的一个重要分支, 广泛应用于汽车、冶金机械、煤矿机械、石油化工设备、工具模具及金属工件的制造与维修中。常见的耐磨钢板就是典型的堆焊产品。耐磨钢板由基板和耐磨层组成, 耐磨层的厚度和基板的相同, 基板采用韧性优良的低碳钢材料。在工作时耐磨层抵抗磨损, 基板承受载荷和吸收冲击能量, 因此复合耐磨钢板具有良好的耐冲击性, 可以胜任冲

击磨损的工作场合。堆焊的目的是节约贵重合金材料、降低制造成本、延长零部件的使用寿命。但是现在的一些耐磨板存在稀释率高, 熔覆效率及生产率低, 加工成本高, 价格昂贵等缺点, 因此本工作研究双丝堆焊来解决单丝堆焊中常见的一些问题。

目前常用的堆焊方法有手工电弧堆焊<sup>[1]</sup>、埋弧自动堆焊<sup>[2]</sup>、气体保护堆焊<sup>[3]</sup>、等离子弧堆

收稿日期: 2011-12-15

作者简介: 赵程(1952—), 男, 教授。

焊<sup>[4-5]</sup>、激光堆焊<sup>[6]</sup>等,其中电弧堆焊工艺以及设备比较简单,应用面广。由于电弧堆焊方法一般都是将焊条(丝)接电源的一极,工件接电源的另一极,电弧在焊条(丝)与工件之间燃烧,所以约有一半的电弧能量被用于加热熔化母材金属,这不仅要消耗较多的电能,而且导致堆焊层的稀释率也比较高。堆焊层稀释率越高对堆焊金属性能的影响越大,为了提高堆焊层的性能,对一些高稀释率的堆焊方法就不得不采取多层堆焊的办法消除稀释率的影响,这就大大降低了堆焊效率,因此研究低稀释率的堆焊方法是一项有意义的工作。

药芯焊丝是继手工电弧焊用焊条和气体保护焊用实芯焊丝出现之后,为解决实芯焊丝气体保护焊时的气孔和飞溅问题而发展起来的第四代最新焊接材料,在生产效率、焊接质量、工艺性能等方面具有其它焊材无法比拟的特点。

本工作研究的药芯焊丝双丝堆焊技术是将 2 根焊丝分别接在电源的正负极,电弧在两根焊丝端部之间燃烧,利用电弧的余热加热并熔化母材金属,使熔化的焊丝与熔化的母材金属融合在一起形成堆焊层。由于双丝堆焊的电弧产生的热量基本上都被用来加热熔化焊丝,只有很少一部分电弧热被用来加热熔化母材金属,因此其堆焊层的稀释率很低,熔敷效率也高于单丝堆焊,这就大大地提高了堆焊效率,降低堆焊成本。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料与仪器

基体材料为 Q235 钢,试样尺寸为 150 mm×40 mm×4 mm,试样表面加工粗糙度为  $R_a$  6.3  $\mu\text{m}$ 。堆焊材料选用 YJ501-1 的氧化钛型  $\text{CO}_2$  气体保护药芯焊丝,焊丝直径 1.6 mm,保护气体为  $\text{CO}_2$  气体。基体材料和焊丝的化学成分对比见表 1。

表 1 基体与焊丝化学成分对比

Table 1 Contrast of chemical composition between base metal and welding wire

成分	$w/\%$	
	Q235	YJ501-1
C	0.12~0.20	0.18
Mn	0.30~0.70	1.75
Si	0.30	0.90
S	0.045	0.030
P	0.040	0.030

金相显微镜, XJP-6A 型,南京江南光电股份有限公司;显微维氏硬度计, HVS-1000 型,上海材料试验机厂;场发射扫描电子显微镜, JSM-6700F 型,日本电子公司;X-射线能谱仪, INCA Energy 型,英国牛津仪器公司;双丝堆焊设备,自制,由 QD8-LA 型电弧喷涂设备改造。

图 1 是双丝堆焊示意图。将堆焊枪固定在焊接小车上,在  $\text{CO}_2$  气体保护下对母材表面进行堆焊,堆焊工艺参数见表 2。

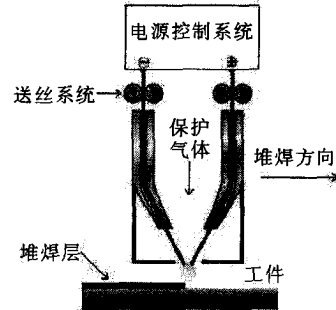


图 1 双丝堆焊示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the two-wire overlaying

表 2 双丝堆焊工艺参数

Table 2 Process parameters of the two-wire overlaying

参数	数值
焊丝直径/mm	1.6
电流/A	320
电压/V	30
小车行走速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	15
送丝速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	12
气体流量/( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ )	15
双丝端部间距/mm	2
焊丝端部与工件之间距离/mm	0.7

### 1.2 实验方法

堆焊试样经切割、磨制、抛光后,用质量分数 4% 硝酸酒精溶液对试样进行腐蚀,然后在金相光学显微镜下观察堆焊层的显微组织。用显微硬度计测量堆焊层的硬度,加载载荷为 0.2 N,保压时间 10 s。用场发射扫描电子显微镜(SEM)对堆焊层与基体之间的界面进行观察分析。用 X-射线能谱仪测定堆焊层与基体之间化学元素的分布,以了解界面两侧化学元素的分布情况。

## 2 结果与讨论

### 2.1 外观形貌分析

堆焊试样照片见图2。

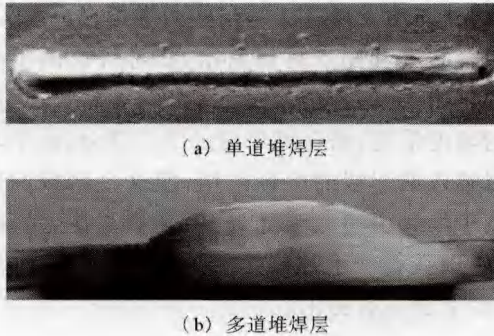


图2 堆焊试样照片

Fig. 2 Photos of the overlaying samples

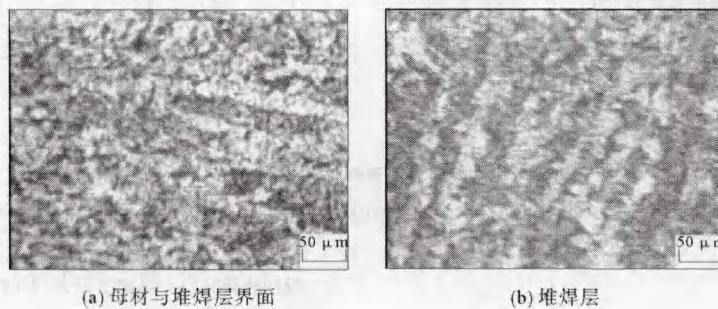
由图2可以看到堆焊飞溅小,堆焊变形也较

小,表面没有裂纹、气孔、咬边、弧坑、焊瘤等堆焊缺陷,堆焊层与堆焊层之间没有间隙,熔合质量高,堆焊层美观。

但是堆焊层厚度较大,这是多种因素造成的,如电流、电压、焊丝直径、送丝速度、小车行走速度等。实验发现,电流对堆焊层的影响最大,电流过大或过小都会造成电弧不能稳定燃烧,在堆焊层中容易产生较多的缺陷。电压对堆焊也有一定的影响,电压过高时飞溅严重,容易烧坏导电嘴;电压过低则堆焊层成形变差。由于双丝堆焊是一种新出现的堆焊方法,还存在许多技术和工艺方面的问题有待进一步研究提高。

### 2.2 显微组织分析

图3是金属堆焊层各部位的金相照片。其中图3(a)是母材与堆焊层界面的金相照片,左侧是Q235基体,组织为铁素体加珠光体,右侧金相组织逐渐变成铸态树枝晶;图3(b)是堆焊层的金相照片,堆焊层呈典型的铸态树枝晶结构。



(a) 母材与堆焊层界面

(b) 堆焊层

图3 金属堆焊后的金相组织照片

Fig. 3 Optical micrographs of overlaying samples

图4是堆焊试样横断面扫描电子显微镜照片,图4中左侧是基体,右侧是堆焊层。由图4可以看出,堆焊层与基体之间没有明显的界线,也未发现界面有明显的缺陷,组织致密,呈典型的冶金结合。

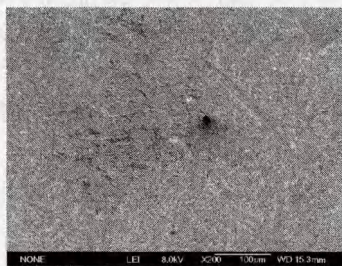


图4 堆焊试样横断面的扫描电子显微镜照片

Fig. 4 SEM image of cross-section of the overlaying sample

本研究实验发现,在特定的堆焊工艺参数下对钢表面进行双丝堆焊可以获得具有低稀释率的堆焊层。通过对金相照片的分析,得知堆焊层的稀释率在5%左右,并且堆焊层与基体之间呈冶金结合。这种牢固的结合形式是由于双丝堆焊技术是利用电弧的余热将母材表面熔化,使少量的母材金属与熔化的焊丝融为一体形成了堆焊层。

### 2.3 显微硬度分析

图5是堆焊试样横断面的显微硬度变化曲线。从图5中可以看出,从堆焊层到基体之间的硬度呈现阶梯状变化。因为基体金属中铁素体相比较多,铁素体是软质相,所以母材硬度低,在热影响区处熔入了一定量的焊丝合金元素,使堆焊层的硬度值升高,而在堆焊层中,母材对堆焊金属没有稀释作用或稀释作用很弱,因此堆焊层硬度最高。

为深入分析堆焊试样的硬度梯度成因,对堆焊层两侧界面进行了成分分析。

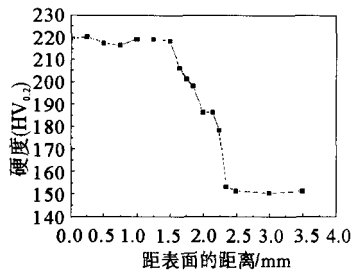


图5 堆焊试样横断面显微硬度变化曲线

Fig. 5 Microhardness curve of cross-section of the overlaying sample variation of microhardness across the overlaying layer and substrate

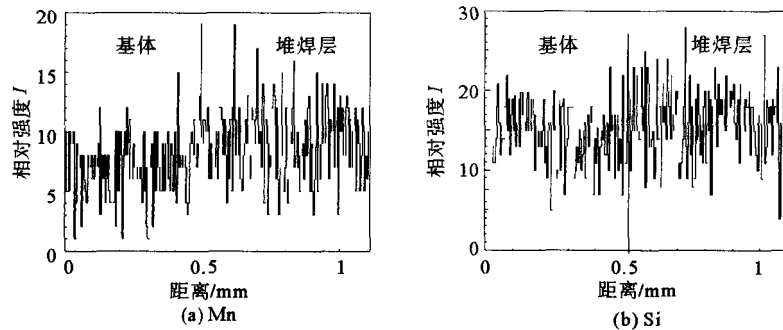


图6 堆焊层界面两侧锰和硅的分布图

Fig. 6 Distribution of Mn and Si between overlaying layer and substrate

### 3 结论

1) 双丝堆焊技术是一种新的堆焊方法,电弧在两焊丝端部之间燃烧,利用电弧的余热加热并熔化母材金属形成堆焊层。

2) 双丝堆焊技术可以在钢材表面堆焊一层组织致密、性能优越、稀释率低、呈冶金结合的堆焊层,是一种很有发展前途的堆焊新技术。

### 参 考 文 献

[1] 章友谊,屈金山,李娟,等. 手工电弧堆焊接头组织及微动磨

### 2.4 界面成分分析

图6是用能谱分析仪测定的堆焊层与基体界面两侧锰和硅的分布。由图6可以看出,堆焊层Mn和Si的含量略高于基体中的Mn和Si的含量,因此,从能谱图中观察到堆焊层元素的含量变化不大,这与用YJ501-1焊丝作为堆焊材料有关。

结合图5和图6可以看出,在堆焊层的上半部分,Mn和Si的合金元素含量较高,所以堆焊层表层的硬度最高;而在堆焊层的下半部分,由于基体金属溶入堆焊层的稀释作用,使这个区域的硬度略低于堆焊层的上半部分,但高于基体金属的硬度,所以在整个堆焊层形成了高、中、低3个层次,硬度呈阶梯状变化。

损性能研究[J]. 热加工工艺,2007,36(3):13-16.

[2] 蔡美,王双成,牛立斌,等. 埋弧自动堆焊法制备硬质合金双金属复合材料[J]. 热加工工艺,2008,37(19):21-24.

[3] 王洪波,范洪斌,王新红. 小口径管内壁气体保护自动堆焊工艺[J]. 焊接,2002(6):34-36.

[4] 王晓峰,单平,王惜宝,等. 等离子弧堆焊TiB<sub>2</sub>-金属陶瓷涂层的组织及性能[J]. 焊接学报,2005,26(7):33-37.

[5] 赵程,田丰,侯俊英. 等离子弧金属表面熔覆处理的研究[J]. 金属热处理,2002,27(2):3-5.

[6] 余民芳,邓琦林,彭行金. 高强度钢激光堆焊修复堆焊层金属显微组织及性能的分析研究[J]. 电加工与模具,2008(1):40-43.

(责任编辑 孙丽莉)