

# Fe - Al 合金堆焊层的显微组织

③ 167

大连铁道学院材料科学与工程系(116028) 丁成钢 陈春焕 从国志  
山东工业大学材料学院(济南市 250061) 尹衍生

**摘要** 用X射线衍射(XRD)分析、透射电镜选区电子衍射(SAED)技术,确定了堆焊金属的组织结构,并在扫描电镜下用能谱分析了熔合区微区的化学成分特点。研究表明,堆焊金属呈粗大柱状晶组织形态,其相结构为 $\alpha$ -Fe(Al)。熔合区合金元素浓度呈梯度变化,其中Al元素的浓度梯度最显著。

**关键词:** Fe-Al合金 堆焊金属 显微组织

堆焊层

TG455

## MICROSTRUCTURE OF Fe - Al ALLOY SURFACING METAL

Dalian Railway Institute Ding Chenggang, Chen Chunhuan, Cong Guozhi  
Shandong University of Technology Yin Yansheng

**Abstract** Microstructure of clad metal (Fe - Al alloy) and composition of fusion zone were examined by means of XRD and EDS. The experimental results show that the surfacing metal consists of phase of  $\alpha$ -Fe(Al) coarse columnar grain. Distribution of alloy elements in fusion zone is gradient, particularly aluminium element.

**Key words:** Fe - Al alloy, surfacing metal, microstructure

### 0 前言

Fe - Al 金属间化合物除具有一般金属间化合物的多种出色性能外,它具有的抗氧化性、耐腐蚀性可与不锈钢相媲美,在硫化气氛中甚至优于不锈钢及防腐涂层,其比强度高、成本低(只有不锈钢的1/3),因而具有更大的应用前景。在石油化工及热加工生产中,大量存在不锈钢堆焊耐热钢的结构,若以 Fe - Al 合金取代不锈钢作为堆焊层,必将取得巨大的经济效益。本文研究了 Fe<sub>3</sub>Al 合金堆焊 2.25Cr - 1Mo 钢堆焊层的组织结构及熔合区的一般特征。

透射电镜进行了金属薄膜选区电子衍射技术,分析了堆焊层的相结构。

### 2 试验结果与分析

#### 2.1 堆焊层的组织与结构

##### 2.1.1 堆焊层的宏观组织

堆焊层的宏观组织见图1。不难发现,堆焊层为粗大的柱状晶组织,且堆焊层与基体结合良好。

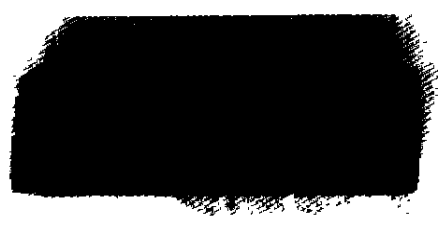


图1 堆焊层宏观组织

#### 1 试验材料和方法

基体材料用 40 mm × 20 mm × 6 mm 规格的 2.25Cr - 1Mo 钢板。堆焊材料为 Fe<sub>3</sub>Al 合金条 (Fe: 84%, Al: 16%),用钨极氩弧焊方法进行焊接,焊接电流  $I = 75$  A。焊前母材经 300 °C 预热,焊后进行 600 °C × 1 h 的后热处理。

##### 2.1.2 堆焊层的微观组织

堆焊层的微观组织形貌见图2。堆焊金属组织呈针状,大量分布在晶内。进一步观察发现,其晶界处有较多的针状物(图3)。成分分析表明,针状物含有大量的 Fe 和 Al。堆焊层熔合区宽度约为 300  $\mu$ m。

用 S - 360 扫描电镜观察了接头的组织形貌,并对熔合区化学成分的变化进行了定点的能谱分析。通过 X 射线衍射确定了堆焊层基体的相组成。用 H - 800



图2 堆焊层微观组织形貌

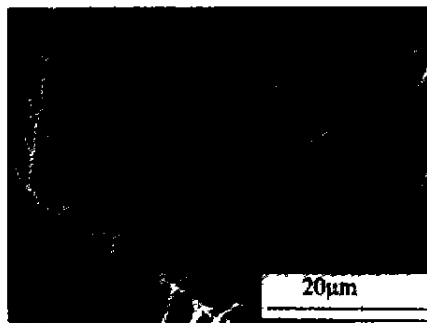


图3 堆焊层金属组织的晶界形貌

### 2.1.3 堆焊层的相结构分析

X射线衍射分析发现,堆焊层的基体为  $\alpha$ -Fe(Al),即Al在 $\alpha$ -Fe中的固溶体(图4)。TEM的SAED分析表明,堆焊层基体为 $\alpha$ -Fe(Al)结构(图5)。

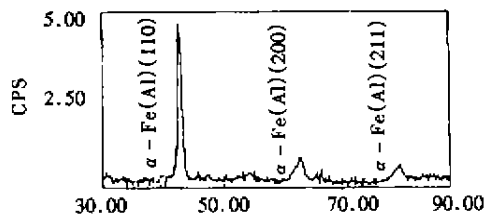


图4 堆焊层 XRD 谱

### 2.2 熔合区的成分分析

熔合区是焊接接头的薄弱环节。因此,分析熔合区的化学成分,对揭示堆焊层与基体的结合机理有重要作用。从熔合线开始向堆焊金属侧取5点,点间距为100µm,进行定点的能谱分析(图6)。分析结果见下表。

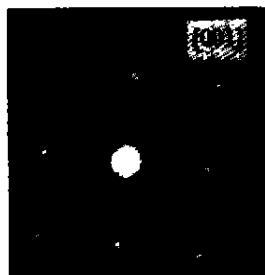


图5 堆焊层基体的 SAED 花样

由下表可知,在堆焊层与基体的边界附近,合金元素(Cr,Mo,Al)浓度呈梯度变化,其中Al元素的浓度梯度较显著。而且填充金属中的Al(16%)被大量稀释,因而堆焊层基体相结构不会是Fe<sub>3</sub>Al。

熔合区定点化学成分分析结果

位置	Al	Cr	Mo
点1	1.07	2.18	1.29
点2	1.22	2.42	1.21
点3	2.02	2.05	0.85
点4	3.04	2.01	0.97
点5	3.31	1.85	0.94
堆焊金属	8.15	1.08	0.43
基体	-	2.43	1.19

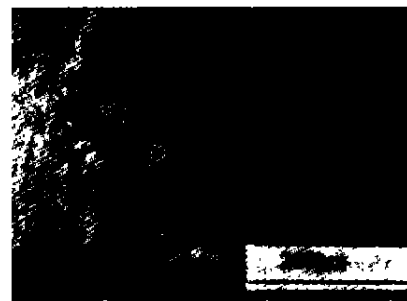


图6 化学成分分析点

### 3 结 论

- (1)堆焊金属为粗大柱状晶组织,其相结构为 $\alpha$ -Fe(Al);
- (2)熔合区合金元素浓度呈梯度变化,其中Al元素的浓度梯度最显著。

### 参考文献

- 倪建森. 氩弧焊工艺对 Fe<sub>3</sub>(Al,Cr)金属间化合物力学性能的影响. 焊接,1995(1):5
- 孙扬善. Fe<sub>3</sub>Al金属间化合物的高温抗氧化性能. 金属学报,1998(11):32
- 张烘旺. 不锈钢 Fe-Al堆焊层相组成、结构及性能的研究. 大连铁道学院硕士学位论文,1999.
- 范润华. Fe<sub>3</sub>Al金属间化合物材料的强韧化机制研究. 山东工业大学博士学位论文,1998.
- 楼白扬. Fe-Al金属间化合物组织结构和力学性能. 材料科学与工,1995(2):19 (收稿日期 1999 10 20)

作者简介: 丁成钢,1968年生,硕士,讲师。