

①97(6)3-5

● 试验研究 ●

1997/934537/000/006

TG42  
TG455

# 含镧奥氏体基堆焊焊条堆焊层组织与性能\*

华东冶金学院(马鞍山 243002) 冯安华\*\* , 洪水昌 马钢江东电焊条厂 庆华 黄明

【摘要】在奥氏体基沉淀强化型堆焊焊条堆焊层中,加入稀土元素镧,研究含镧堆焊层的组织与性能。

【关键词】 镧 堆焊层 组织 性能

堆焊焊条 奥氏体基 堆焊

## The Structures and Properties of Hardfacing Layer for Austenite Matrix Hardfacing Electrode Added Lanthanum

Fen Anhua Hong Yongchang Qing Hua Huang Ming

【Abstract】 Through adding earth element lanthanum into hardfacing layer of austenite matrix precipitation strengthening hardfacing electrode, the structure and properties of hardfacing layer contained lanthanum were studied.

【Key words】 lanthanum hardfacing layer structure property

### 1 引言

对于冶金、矿山工业上使用的零件,有许多是在高温、重载条件下使用的,高温氧化、磨损、热疲劳破坏是它们的主要失效形式,采用堆焊方法对这些零件进行表面堆焊修复,经济意义十分重大。为了使堆焊层具有较高的高温抗氧化性、耐磨性和耐热疲劳性,我们根据热强钢的设计原理<sup>[1]</sup>,研究一种使堆焊层为奥氏体基沉淀强化型显微组织的堆焊焊条,并通过加入稀土元素,改善堆焊层的某些性能,以便能较好的满足高温性能要求。稀土元素镧用于堆焊焊条,至今无报导,本文试图通过加入稀土元素镧,对堆焊层组织和性能进行研究。

### 2 试验方法

#### 2.1 堆焊焊条的成分设计

堆焊层具有良好的抗高温氧化性,需要有高含铬量;堆焊层具有良好的耐磨性和耐热疲劳性,需要在奥氏体基体上析出特殊碳化物产生弥散强化。为此,堆焊焊条的焊芯材料选 2Cr13,采用低氢型碱性药皮,在药皮中加入一定量的奥氏体形成元素 Mn、Ni,适量的碳化物形成元素 V、W、Mo 及 Cr,通过药皮进行过渡;同时,在药皮中加入 10%La。

#### 2.2 试样尺寸

按 GB984-85 标准制备堆焊层试样,母材选 A3 钢,在其上焊三层六道(见图 1),焊后沿横向切取宽度为 10mm 的试样,同时,在堆焊层中加工成 6.5×6.5×30(mm)的耐磨试样。

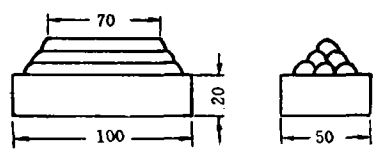


图 1 堆焊试样尺寸

### 2.3 试验方法

堆焊层试样分别进行 200、300、400、500、600、700、800 及 900℃ 的 1h 短时时效处理和 700、800、900 及 950℃ 的 6h 长时时效处理。

磨损试验在 MM-200 型磨损试验机上进行,对磨试样为外径 40mm 的 9CrSi(HRC56~58),试验载荷为 196N,转速 400r/min,利用试样失重法来评定耐磨性;耐热疲劳试验采用 900℃×5min+水冷循环处理方法进行,循环次数 100 次。

堆焊层宏观硬度在 HRU-150AT 光学洛氏硬度计上进行测定,金相试样采用王水腐蚀制备,并在 Neophot-2 型光镜及 PHILIPS XL-30 型扫描电镜上进行组织分析;碳化物结构及成分分析在 X 射线衍射仪及能谱仪上进行;堆焊层化学成分在 ICP-2000 等离子光谱仪上进行分析;利用 AES-350 俄歇能谱仪定性分析元素镧。

### 3 试验结果与分析

#### 3.1 堆焊层焊态硬度

图 2 为堆焊层焊态硬度。可见,含镧堆焊层硬度高于不含镧堆焊层硬度。

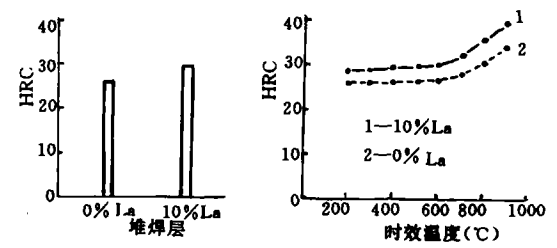


图 2 堆焊层焊态硬度 图 3 堆焊层短时时效硬度

#### 3.2 堆焊层经短时时效后硬度

- 冶金部人教司有偿资助基金项目。
- \*\* 男,59岁,冶金工程系金属材料教研室,教授。

图3为堆焊层经不同温度1h短时效后硬度曲线。可见,在<600℃时效时,硬度值变化很小,与焊态硬度值基本相同;在>600℃时效时,硬度随时效温度升高而增高,900℃时效后,硬度值达最高。含钬堆焊层在各时效温度下的硬度值均相应高于不含钬堆焊层的硬度值。

### 3.3 堆焊层经长时效后硬度

图4为堆焊层在高温下经6h长时效后的硬度曲线。可见,随时效温度升高,堆焊层硬度增高,经900~950℃×6h长时效后,堆焊层硬度值最高;含钬堆焊层在各时效温度下的硬度值均相应高于不含钬堆焊层的硬度值;比较图3、4可见,同种焊条在相同温度高温时效时,长时效后硬度值高于短时效后硬度值。

### 3.4 堆焊层耐磨性

图5为堆焊层磨损试验结果。可见,随磨损时间增加,磨损量增大;在相同磨损时间下,含钬堆焊层的磨损失重均相应小于不含钬堆焊层的磨损失重。

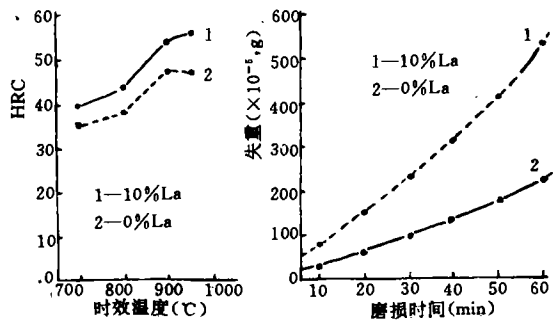


图4 堆焊层长时效后硬度

图5 磨损试验曲线

### 3.5 堆焊层耐热疲劳性

表1列出堆焊层经900℃×5min+水冷循环处理后产生热疲劳裂纹情况。可见,含钬堆焊层出现热疲劳裂纹的周期长于不含钬堆焊层;观察热疲劳裂纹产生部位发现,裂纹均出现在两道焊缝的交界处,从试样表面向内部延伸发展。

表1 热疲劳裂纹情况

堆焊层	产生第一条裂纹的周期(次)	100次循环后裂纹数量(根)
无La	22	4
10%La	44	3

### 3.6 堆焊层高温抗氧化性

堆焊层试样经900℃×5min+水冷循环处理100次后,发现母材A3钢氧化及变形极为严重,而堆焊层却毫无氧化剥落及变形现象,表面仍十分光洁;堆焊层试样经900℃×12h时效后试样表面也无氧化剥落现象,表面也十分光洁,反映出高温抗氧化能力很强。

### 3.7 堆焊层化学成分及显微组织

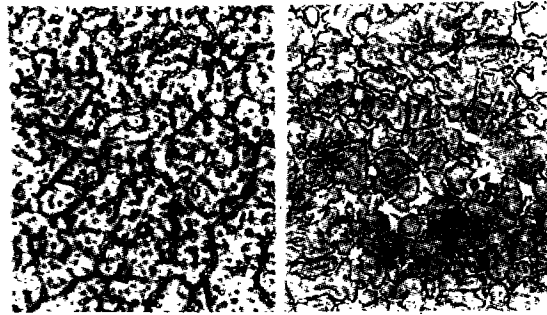
堆焊层的基本化学成分列于表2。从含钬堆焊层表面的俄歇电子能谱图(省略)看出,堆焊层中含有微

量钬,说明只要工艺措施得当,钬元素也可以通过药皮过渡到堆焊层中。

表2 堆焊层的基本化学成分(wt%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	V	W	Mo	S	P
0.39	0.68	4.20	1.75	13.0	0.23	1.52	0.76	0.01	0.022

图6为堆焊层焊态显微组织。可见,显微组织为奥氏体+沿晶网状分布的碳化物,不含钬堆焊层的碳化物网较厚、数量较多;而含钬堆焊层的碳化物网较薄,数量较少。原因是钬的原子尺寸较大,主要吸附在奥氏体晶界,降低界面能,阻碍晶界碳化物的析出之故。晶界碳化物的能谱图(图7)表明,该碳化物为M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>型。



(a)无La堆焊层

(b)含10%La堆焊层

图6 堆焊层焊态显微组织 200×

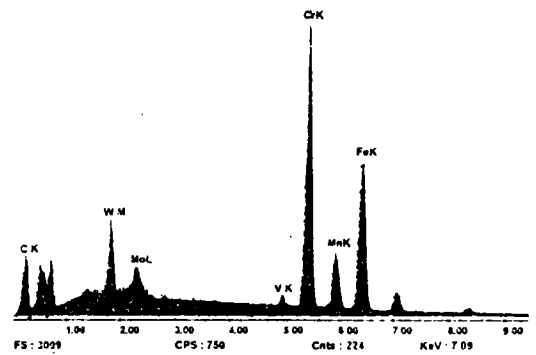


图7 晶界碳化物能谱图

堆焊层经时效处理时,当时效温度<600℃时,由于V、W、Mo等原子尚不能明显扩散,时效后硬度值无明显变化;当时效温度>600℃时,由于合金元素原子的扩散,过饱和奥氏体中要析出MC、M<sub>2</sub>C、M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>等类型的特殊碳化物,使硬度值增高,且随时效温度的升高、时效时间的延长,使析出的特殊碳化物数量增多、弥散度大,堆焊层硬度值显著增高;经900~950℃长时效后,基本上可充分析出特殊碳化物,故使堆焊层硬度值达到最高。图8为含钬堆焊层经900℃×6h时效后显微组织。

热疲劳裂纹是在两道焊缝交界处的晶界有严重碳化物网之处形成,并沿晶界向纵深扩展。不含钬堆焊层因晶界有较粗碳化物网存在,故产生热疲劳裂纹的敏

感性大,而含钨堆焊层晶界碳化物网薄、量少,故产生热疲劳裂纹的敏感性相对较小一点。

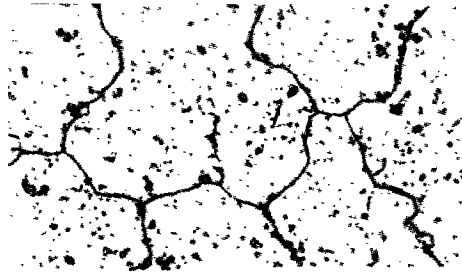


图8 含钨堆焊层经900°C×6h时效后组织 400×

#### 4 生产应用

含钨奥氏体沉淀强化型堆焊焊条已在马钢公司冷轧厂及高速线材厂进行生产应用试验,对高温磨损失效的钢锭吊牙及旋转剪刀片刃口进行表面堆焊修

复,其使用统计数据表明,与原始状态相比,可使高温使用寿命提高3~4倍。

#### 5 结论

- (1)稀土元素钨可透过药皮过渡到堆焊层中。
- (2)奥氏体基堆焊焊条堆焊层焊态组织为奥氏体+沿晶断网分布的 $M_{23}C_6$ 型碳化物,含钨堆焊层可使焊态组织中碳化物网变薄、量减少。
- (3)含钨堆焊层经600°C以上温度时效后,由于特殊碳化物的析出,使硬度值增高,经900~950°C长时效后可达硬度最高值。
- (4)与不含钨堆焊层相比,含钨堆焊层相应具有较高的焊态硬度、时效后硬度、耐磨性及耐热疲劳性。

#### 参考文献

- 1 章守华.合金钢.北京:冶金工业出版社,1990

收稿日期:1997年6月23日

② 5-7

## SiC<sub>w</sub>/Al 复合材料的尺寸稳定性及其稳定化处理工艺\*

TB333

辽宁工学院(锦州 121001) 李志林\*\* 刘伟 哈尔滨工业大学 姚忠凯 ✓

**【摘要】**通过对微屈服强度、微蠕变抗力、热膨胀系数、导热系数等的测量,研究了不同方法处理的SiC<sub>w</sub>/Al复合材料的尺寸稳定性。结果表明, SiC<sub>w</sub>/Al复合材料尺寸稳定性优异,其尺寸稳定化处理以T<sub>c</sub>处理为好,而冷热循环处理降低其尺寸稳定性。通过位错密度、X射线应力分析等对所得结果进行了讨论。

**【关键词】** 复合材料 晶须 铝 尺寸稳定性 碳化硅 稳定化处理

### Dimensional Stability and Stabilizing Treatment of SiC<sub>w</sub>/Al Composite

Li Zhilin Liu Wei Yao Zhongkai

**【Abstract】** Testing the microyield strength, microcreep resistance, coefficient of thermal expansion, coefficient of thermal conductivity of SiC<sub>w</sub>/Al composite, the dimensional stability of this material with various treatments was studied. The results showed that SiC<sub>w</sub>/Al composite has well dimensional stability, T<sub>c</sub> treatment is an effective stabilizing method for this material, but heating-cooling cycling treatment is not suitable for it. These results are also discussed through dislocation density and X-ray internal stress analysis.

**【Key words】** composite whisker aluminium dimensional stability

#### 1 引言

SiC<sub>p</sub>/Al复合材料由于具有优异的尺寸稳定性,已成功地用于精密仪器仪表,如惯性导航系统和光学仪器<sup>[1,2]</sup>。但SiC<sub>w</sub>/Al(碳化硅晶须增强铝)复合材料却未见这方面的应用。实际上, SiC<sub>w</sub>/Al的强度、密度、热膨胀系数等均与SiC<sub>p</sub>/Al相近,且其弹性模量明显高于后者(当增强体体积分数为30%时, SiC<sub>p</sub>/2124Al的弹性模量为117GPa, SiC<sub>w</sub>/6061Al的为142GPa;而SiC<sub>p</sub>/6061Al的颗粒体积分数为35%时,其弹性模量才为131GPa<sup>[1]</sup>),因此若解决了尺寸稳定性问题,精密仪器仪表将成为其合适的应用领域。本文对这种材料进行了不同工艺的尺寸稳定化处理,测试了其微屈服强度、微蠕变抗力、热膨胀系数、导热系数等,以考查其尺寸稳定性,并从微观结构和内应力等方面对试验《热加工工艺》6/1997

结果进行了解释。

#### 2 试验材料和方法

##### 2.1 试验材料和尺寸稳定化处理工艺

试验材料为β-SiC晶须增强6061Al复合材料(用压铸法制造),其中晶须体积分数为22%。

先将复合材料进行530°C的固溶处理,然后分别进行下列工艺的处理:①160°C时效18h(T<sub>c</sub>处理);②160°C时效15h后,冷热循环处理三次(其中加热:160°C保温4h;冷却:-78°C保温2h),最后在160°C加热6h(简记为-78°C循环处理);③与工艺②类似,只

\* 辽宁省自然科学基金资助项目。

\*\* 男,33岁,材料系,副教授,在读博士。