

改变高频引弧的持续时间;调节  $R_4$  可改变接通给定值至开始高频引弧的时间。

## 5 结 论

(1)本文设计的控制电路构思新颖、简单可靠、功能转换方便。

(2)用该电路对半桥式 IGBT 逆变式弧焊机进行控制,实现了多种焊接功能,整机电气性能和焊接工艺性能优良。

(3)该控制电路不但适合于本文研制的半桥式 IGBT 逆变式弧焊机,而且只要将驱动电路稍加改变,即可适用于各种 PWM 控制型逆变式焊

机及开关式焊机。本控制电路已经成功应用于数百台焊机的控制,取得了较好的经济效益和社会效益。

## 参 考 文 献

- 1 方臣富.半桥式逆变 SMAW/TIG 焊机的研制.哈尔滨工业大学硕士学位论文,1996.
- 2 姜焕中.电弧焊及电渣焊 北京:机械工业出版社,1994
- 3 李青山.集成电子技术原理与工程运用 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1991.

(收稿日期 1997 06 02)

# 稀土及合金对粉块堆焊耐磨性的影响

佳 木 斯 工 学 院 尹 柯 马 巨 廖 平 李 慕 勤  
省 水 利 水 电 勘 测 设 计 院 李 木 白

**摘要** 采用碳弧堆焊的方法,在高铬合金铸铁粉块中加入稀土及合金元素,探讨其对堆焊层耐磨性的影响。结果表明,稀土在碳弧中过渡量可观,适量的稀土及合金元素提高了堆焊层的耐磨性。

## EFFECTS OF RARE EARTH AND ALLOY ELEMENTS ON WEAR RESISTANCE OF POWDER BLOCK HARDFACING LAYER

Yin Ke et al.

**Abstract** Effect of rare earth and alloy element additions on the wear resistance of layer is tested by carbon arc process with high chromium alloy cast powder block. The results show that the suitable additions will increase the wear resistance of the layer.

**关键词:** 稀土 碳弧堆焊 耐磨性

稀土在钢中应用的历史已有几十年,尤其是近几年来,对稀土在焊条中的应用研究很多。稀土能起到改善焊缝韧性、细化焊缝组织、减少夹渣的作用。本文通过在碳弧堆焊材料中加入稀土及合金元素,探讨其在碳弧中过渡及对耐磨性的影响。

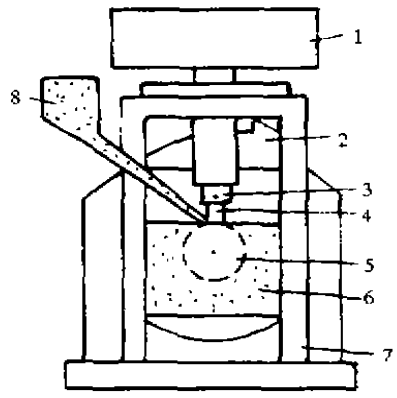
### 1 试验方法

堆焊合金系统采用多元合金过渡,即 C - Cr - Si - Mn - B - Re。用粘接剂粘接制成 4

mm × 6 mm × 1.5 mm 的小块,经过固化干燥后,采用碳弧堆焊的方法熔敷。母材选用 Q235 钢,试验设备采用直流焊机,焊接工艺参数为  $I = 170 \text{ A}$ ,  $U = 30 \text{ V}$ 。

测定堆焊层表面宏观硬度,每组试样至少取五个点的测量值,每个测量值对平均值的偏差不超过 5%。

冲击磨粒磨损试验采用多功能磨粒磨损试验机,其结构见图 1。其主轴上的凸轮和磨轮同步运动,凸轮又通过滚子使移动杆带动加载



1 加载机构 2. 凸轮 3. 夹紧装置 4. 试样  
5 磨轮 6. 料箱 7. 支架 8. 料斗

图1 冲击磨损试验机结构示意图

机构和试样一起作往复运动,以产生冲击磨损和滑动磨损。磨料通过料箱及料斗不断送入试

样及磨轮之间,保证试样、磨轮与磨料三者之间产生磨损。试样尺寸 10 mm × 10 mm × 20 mm,正压力为 75 N,磨损时间 15 min,磨轮硬度 67HRC,磨料为石英砂,粒度 50~80 目,冲击功 1.5 J,冲击频率 3600 Hz,磨轮转速为 60 r/min。磨损前后重量变化采用万分之一天平称重,失重量的倒数为耐磨性。

稀土在堆焊层中的含量用高灵敏度等离子光谱分析仪测定。利用光学金相显微镜观察堆焊层金相组织。

## 2 结果及分析

### 2.1 稀土在碳弧中的过渡

采用高灵敏度等离子光谱分析仪测定堆焊层中稀土的含量,其结果见下表。

堆焊层中稀土含量(×10<sup>-6</sup>)

稀土元素	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
含量	106.86	243.10	23.22	80.25	9.01	0.83	2.08	0.30	3.12	0.10	4.23	0.10	1.73	0.10	1.77

从测定的结果可知,稀土在碳弧中过渡量是很可观的。碳弧堆焊工艺特点是碳棒作一端电极,用碳弧热量来熔化堆焊材料。电弧实测温度为(3900~4200) K,斑点区温度可达(5500~7000) K,而碳的蒸发温度为 4640 K。在这样高的温度下,尤其碳弧气氛中存在大量 CO<sub>2</sub>, CO 及 O<sub>2</sub>,更易造成稀土的氧化。但是,在堆焊合金中加入硼、硅、锰,形成自熔合金,具有自脱氧作用,在堆焊过程中,能与氧及工件表面氧化物中的氧化合生成硼硅酸盐玻璃渣而上浮到渣中,保证稀土过渡及合金元素不被氧化。

### 2.2 稀土及合金元素对堆焊层硬度的影响

稀土及合金元素对堆焊层硬度的影响见图 2。稀土加入量范围在 1%~5% 之间,稀土加入量对硬度影响范围为 3HRC~5HRC,变化范围很小。铬铁加入量范围为 20%~30%,随着铬含量的增加,硬度值增加,并有最大值,再增加铬含量,硬度又稍有下降。加入铬可形成 CrB、Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> 及 Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> 等硬质相,但是,铬同时又有缩小奥氏体区的作用,使堆焊层共晶相组织

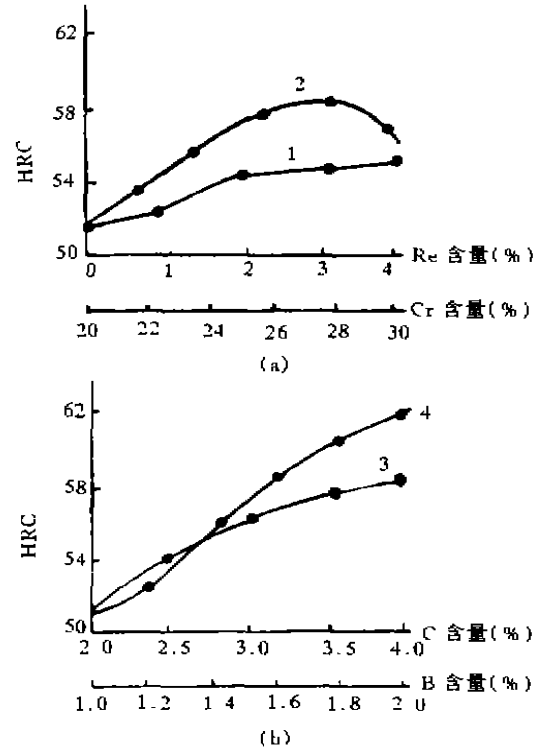


图2 稀土及合金元素对堆焊层硬度的影响

1.Re 2.Cr 3.C 4.B

硬度下降,因此,加入量小于 30% 为好。随着含碳量的增加,其硬度值也加大。这是由于含碳量增加,使碳化物量增大,但含碳量过高,在硬度增加的同时脆性也增大。加入硼可形成碳化物硬质相,也使硬度增加。

2.3 冲击磨损试验结果

对不同稀土加入量的合金堆焊层做耐磨试验,其结果见图 3。随着稀土加入量的增加,耐磨性提高,当达到 2% 时,耐磨性最好,再增加稀土含量,耐磨性下降。冲击磨粒磨损过程是当磨粒滑过表面时,除了切削外,大部分把材料推向两边或边缘,这些材料产生塑性变形,在冲击力的作用下,把已变形的材料重新压平,不断

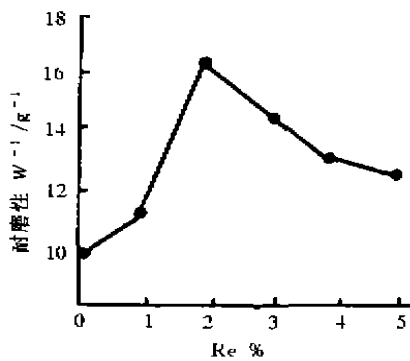


图 3 Re 加入量对耐磨性的影响

产生硬化,最终剥落成为磨屑。堆焊层中加入适量的稀土,使组织细化,并使夹杂物减少,净化了焊缝组织,使焊缝韧性增加,在多次冲击磨粒磨损作用下,磨损表面不断产生塑性变形,延缓了破碎过程,从而提高了耐磨性。

3 堆焊层组织分析

堆焊层组织可分为三个区域,母材与焊缝过渡地带呈白色组织,称为过渡区。由于母材与焊缝的成分差异过大,在堆焊过程中,该区合金元素发生了大量扩散,形成了既与堆焊焊缝成分不同又与母材不同的固溶区(图 4a)。处于堆焊层中部的区域,由于散热效果不好,加热时间长,使基体、硬质相、共晶相都发生了长大,称为过热区(图 4b)。堆焊层的最外层区域称为细晶区,随着热源离去,冷却速度加快,组织变得细小(图 4c)。

堆焊层组织为马氏体、奥氏体共晶相、碳化物及硼化物等硬质相。合金元素的加入对堆焊层组织影响很大,增加碳含量,易形成马氏体及碳化物,铬、硼等合金元素的加入,有利于形成硬质相。稀土的加入,对晶粒大小及硬质相的分布有影响(图 5)。未加入稀土的过热区组织较粗大,强化相分布不均匀,稀土起到细化晶



图 4 堆焊层金相组织

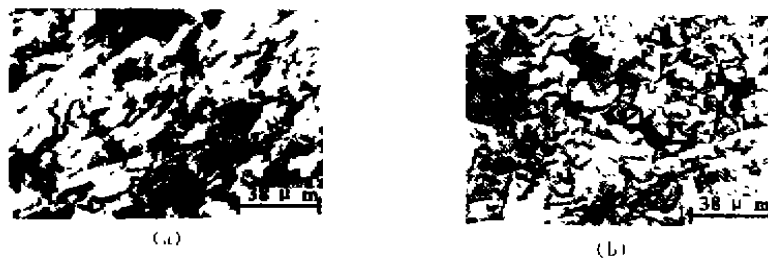


图 5 堆焊层过热区组织  
(a)未加稀土 (b)加稀土 2%

粒、减少夹杂物、净化组织的作用,使高铬合金铸铁堆焊层组织既有很高的硬度,又得到强韧化。

#### 4 结 论

采用碳弧堆焊的方法,通过在高铬铸铁中加入硼、硅等起到联合脱氧、造渣、还原的作用,使稀土能过渡到焊缝中。稀土起到细化组织、减少夹杂、使基体强韧化的作用。合金元素的加入改变了组织形态,有利于硬质相的形成,起到强化焊缝组织的作用。因此,在冲击磨损过

程中,可延缓磨屑的形成。

#### 参 考 文 献

- 1 马进. 稀土-硼对熔敷金属冲击韧性的影响. 焊接, 1996(9)
- 2 孙威. 稀土元素对双相不锈钢焊条熔敷金属韧性的影响. 焊接, 1990(5)
- 3 安藤弘平, 长谷川光雄. 焊接电弧现象. 北京: 机械工业出版社, 1985

(收稿日期 1997 09 17)

## 铸铁冷焊锤击力的测定及锤击效果分析

山东工业大学 任登义 魏 星 王育福 李德刚

**摘要** 采用应变电测法定量测定了锤击力并得出其  $P-t$  曲线, 结合解剖焊缝, 分析了不同条件下的锤击效果, 提出锤击应遵循的基本原则。

### HAMMERING FORCE TEST AND RESULT ANALYSIS IN COLD WELDING OF CAST IRON

Ren Dengyi et al.

**Abstract** The hammering force is measured by strain-electrical method and  $P-t$  curve reached also, in the result of destructive testing, the benefits of hammering is analyzed under different conditions so the basic procedure is put forward, too.

**关键词:** 锤击 铸铁补焊 冷焊工艺

#### 0 前 言

锤击焊缝可以降低热应力而防止裂纹, 这已被公认。因此, 对铸铁电弧冷焊均提出锤击要求<sup>[1,2]</sup>。但作者在长期实践和研究中发现, 若锤击不当, 对焊缝和熔合区反而有较大的破坏作用。实际锤击效果如何, 与锤击的程度、焊缝所处温度、焊接电流、母材与焊缝材质等因素有关。因此, 只笼统提出锤击而不规定其操作规范, 不仅难以保证良好效果, 甚至能导致补焊失败。

关于锤击力的大小及锤击效果分析, 尚未见专题研究文献。本文首先对影响锤击效果的基本因素——锤击力作了定量分析, 在此基础上分析了影响其效果的几个主要因素, 以期为制定铸铁冷焊工艺提供参考。

#### 1 锤击力的应变电测法及测定结果

##### 1.1 应变电测法的测试原理

锤击力( $P$ )是冲击力, 与焊缝的作用时间( $t$ )仅为千分之几秒, 其间还存在应力波的传递与衰减。因此, 常规的静载测试系统无法测定

