

# 1Cr18Ni9Ti 与 1Cr13 不锈钢焊接接头组织及电化学性能

赵勇桃 李文学 赵莉萍 麻永林 冯佃臣  
(内蒙古科技大学材料与冶金学院, 包头 014010)

**摘要** 用金相法观察和分析了用 1Cr18Ni9Ti 焊丝进行焊接的 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢板和 1Cr13 马氏体不锈钢板焊接接头的组织;通过海水模拟溶液浸泡试验,测量焊接接头极化曲线和交流阻抗曲线,对比分析了焊缝与母材的耐腐蚀性能。结果表明,焊接接头组织为典型的柱状晶凝固组织;焊接接头中,马氏体母材和焊缝区容易受到腐蚀,而奥氏体母材不易受到腐蚀。

**关键词** 1Cr13 钢 1Cr18Ni9Ti 钢 焊接接头 组织 电化学性能

## Structure and Galvano-Chemistry Behavior of Welded Junction of Stainless Steel 1Cr18Ni9Ti and 1Cr13

Zhao Yongtao, Li Wenxue, Zhao Liping, Ma Yonglin and Feng Dianchen  
(Material and Metallurgy Engineering School, UST Inner Mongolia, Baotou 014010)

**Abstract** The structure of welded junction of 1Cr18Ni9Ti austenite stainless steel plate and 1Cr13 martensite stainless steel plate welding by 1Cr18Ni9Ti electrode has been observed and analyzed by metallographic method; and the polarization curves and alternating current impedance curves were measured by immersion test of simulation seawater solution to contrast and analyze the corrosion resistance of weld seam and parent metals. Results showed that the structure of weld junction was typical columnar solidified structure; in welded junction, the martensite parent metal and weld seam region were easy to be corroded, while the austenite parent metal was not easy to be corroded.

**Material Index** Steel 1Cr13, Steel 1Cr18Ni9Ti, Welding Joint, Structure, Galvano-Chemistry Behavior

随着机组参数的增大,对电站锅炉钢材使用的要求越来越高,由碳素钢到珠光体、贝氏体、马氏体耐热钢及至耐温可达 700℃ 的奥氏体不锈钢。由于奥氏体不锈钢具有优良的高温抗氧化性及热稳定性强,因此被广泛应用于发电机组锅炉受热面管子的高温部分。根据发电机组各个部位工作温度不同,相应使用不同化学成分和金属组织材料,既可保证其使用寿命,也可降低造价。当然在钢材的使用中不可避免地存在各种类型异种钢焊接问题<sup>[1]</sup>。下面以奥氏体不锈钢(1Cr18Ni9Ti)与马氏体耐热钢(1Cr13)焊接为例,分析其焊接接头的组织和电化学性能,进一步分析其焊接性。

### 1 实验材料及方法

本实验采用 1Cr18Ni9Ti 奥氏体型不锈钢与 1Cr13 马氏体型不锈钢板作母材,其中马氏体型不锈钢经过淬火 + 高温回火处理,两块钢板的尺寸(长 × 宽 × 厚)为 25 mm × 25 mm × 2 mm,其化学成分如表 1 所示。实验选用的焊接材料为 1Cr18Ni9Ti 奥氏体型不锈钢焊丝,成分如表 1 所示。

采用钨极氩弧焊时,焊接易操作,能得到组织致密、性能好、美观的焊接接头。而且钨极氩弧焊选用

表 1 实验材料的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of test materials /%

| 材料         | C      | Si    | Mn    | S       | P       | Cr          | Ni         | Ti        |
|------------|--------|-------|-------|---------|---------|-------------|------------|-----------|
| 1Cr18Ni9Ti | ≤ 0.12 | ≤ 0.8 | ≤ 2.0 | ≤ 0.030 | ≤ 0.035 | 17.0 ~ 19.0 | 8.0 ~ 11.0 | 0.5 ~ 0.8 |
| 1Cr13      | ≤ 0.15 | ≤ 0.6 | ≤ 0.6 | ≤ 0.030 | ≤ 0.035 | 12.0 ~ 14.0 | -          | -         |

氩气保护,保护效果良好,特别是适合于 6 mm 厚度以下材料的焊接。所以本实验采用手工钨极氩弧焊(直流正接)。焊接工艺参数如表 2 所示。

表 2 焊接工艺参数

Table 2 Parameters of welding process

| 焊接方法 | 电流/A | 氩气流量/(L·min <sup>-1</sup> ) | 焊速/(mm·min <sup>-1</sup> ) | 钨极直径/mm | 对接间隙/mm | 喷嘴直径/mm |
|------|------|-----------------------------|----------------------------|---------|---------|---------|
| TIG  | 80   | 10                          | 110                        | 1.6     | 3       | 10      |

本实验采用 ZEISS 蔡式光学显微镜观察焊接接头的金相组织;为了对比焊缝与母材基体的耐腐蚀性能,对两种母材及焊接接头的各个区域取样,样品尺寸为(长 × 宽 × 厚)20 mm × 5 mm × 2 mm,采用 3.5% 的氯化钠水溶液模拟海水进行海水腐蚀试验,测量母材及焊接接头各区域的极化曲线和交流阻

抗谱。

腐蚀试样 1- 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢母材; 2- 1Cr13 马氏体不锈钢母材; 3- 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢和 1Cr13 马氏体不锈钢焊接接头奥氏体侧热影响区; 4- 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢和 1Cr13 马氏体不锈钢焊接接头马氏体侧热影响区; 5- 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢和 1Cr13 马氏体不锈钢焊接焊缝区。

## 2 实验结果及分析

### 2.1 焊接接头组织观察及分析

焊接接头的外观没有明显的裂纹、咬边、下塌等缺陷, 焊缝纹路整齐, 外观平整。焊接接头的显微组织如图 1 所示。

从图 1 看出, 在靠近奥氏体区, 得到奥氏体组

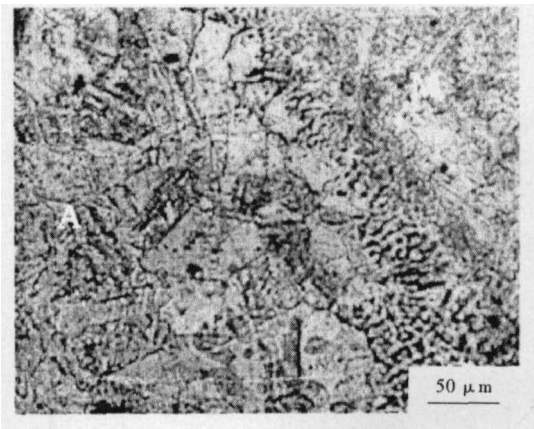


图 1 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢板和 1Cr13 马氏体不锈钢板焊接接头组织形貌

Fig. 1 Structure morphology of weld junction of 1Cr18Ni9Ti austenite stainless steel plate and 1Cr13 martensite stainless steel plate

织。在马氏体侧形成板条状马氏体<sup>[2]</sup>, 因为马氏体不锈钢铬含量高, 淬透性好, 焊缝金属从液态降温时, 接近母材, 冷却速度快, 空冷时形成了马氏体组织。在焊接接头的熔合区得到典型的柱状凝固组织。

### 2.2 焊接接头的电化学性能

#### 2.2.1 焊接接头的交流阻抗对比分析

图 2 为焊接接头各区域的交流阻抗图, 从图 2 中可以看出, 2、5 号试样焊缝区的容抗弧最小, 相对应的低频阻抗幅值最小, 所以腐蚀速度最快, 腐蚀率最大; 1、3、4 号试样的容抗弧最大, 相对应的低频阻抗幅值最大, 腐蚀速度最慢, 腐蚀率最小。这是由于在靠近奥氏体、马氏体母材的热影响区, 得到单相的奥氏体、马氏体组织, 耐蚀性相对于双相或多相组织要强; 在焊缝区, 马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢焊接熔合的过程中, 奥氏体不锈钢中含有镍、铬、钛等元素, 马氏体不锈钢含有铬元素, 其中镍为奥氏体形成元素, 铬为铁素体形成元素, 因此在焊接熔合过程中各种元素的共同作用, 使焊缝区可能得到奥氏体、马氏体的混合组织, 从而使焊缝的耐腐蚀性下降; 两种母材中, 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢使用状态为单相的奥氏体组织, 耐蚀性强, 马氏体使用状态下经过淬火与高温回火后得到索氏体组织, 其实质是在铁素体基体上分布着颗粒状的碳化物的两相组织, 其耐蚀性下降。所以得出, 马氏体母材和焊缝区容易受到腐蚀。

#### 2.2.2 极化曲线对比分析

实际中, 直接从实验测得腐蚀金属电极的极化曲线一般都是所谓的试验极化曲线。实际极化区显

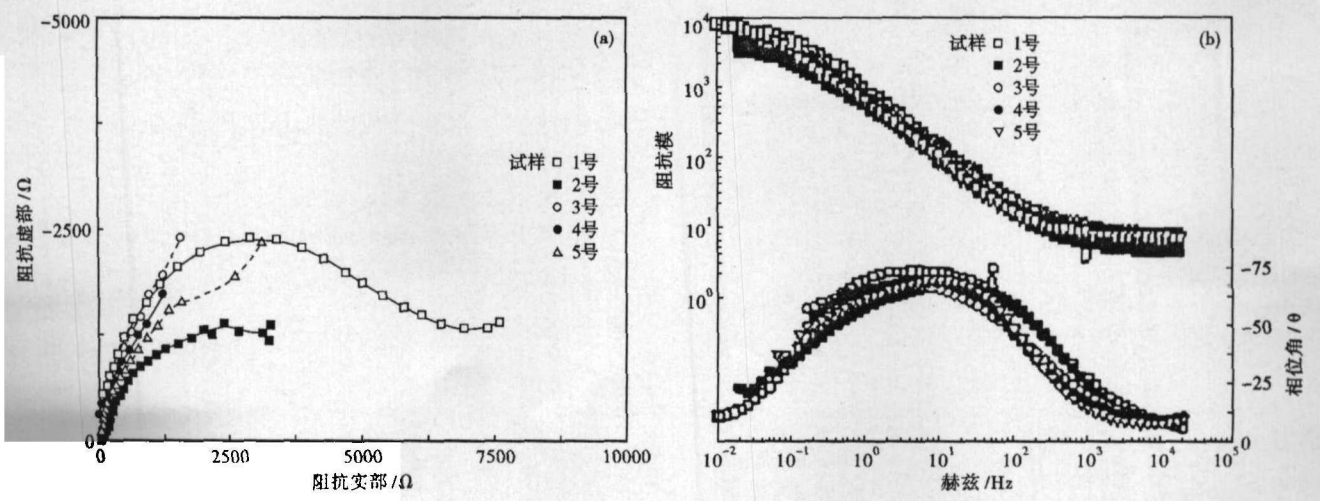


图 2 室温 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢板和 1Cr13 马氏体不锈钢板焊接接头各区域交流阻抗曲线: (a) Nyquist 图; (b) Bode 图  
Fig. 2 Curves of alternating current impedance of each region in weld junction of 1Cr18Ni9Ti austenite stainless steel plate and 1Cr13 martensite stainless steel plate at ambient temperature: (a) Nyquist diagram; (b) Bode diagram

示一种表观极化,它反映了通过腐蚀电极的外加电流密度(即可用电表实际测得的外侧电流密度)与电极电位的关系。

不锈钢具有典型活化-钝化金属极化曲线的特征。从阳极来看,随着电位的升高,腐蚀电流密度在钝化区内大小为维钝电流,过钝化区以后,随电位的升高电流逐渐增大,并出现极化电流的“震荡”。这主要是由于在模拟海水中活性阴离子  $Cl^-$  的作用引起的, $Cl^-$  离子首先被吸附在金属表面某些点上,然后对其氧化膜产生破坏作用,于是就使不锈钢材料产生了点蚀。点蚀的出现加快了不锈钢材料的腐蚀。因此,随着极化电位的增大,腐蚀电流突然增大<sup>[3]</sup>。而从阴极来看,随着腐蚀电位的降低,腐蚀电流密度降低,这样在阴阳极极化曲线交汇点达到了平衡,即达到了稳定的腐蚀状态,此时的腐蚀电流即自然腐蚀电流密度。

从图 3 来看,焊接接头中各区域的极化曲线其自然腐蚀电位及腐蚀电流密度是不同的。利用极化曲线 Cview2 软件可以计算出焊接接头中各个区域电流密度值。

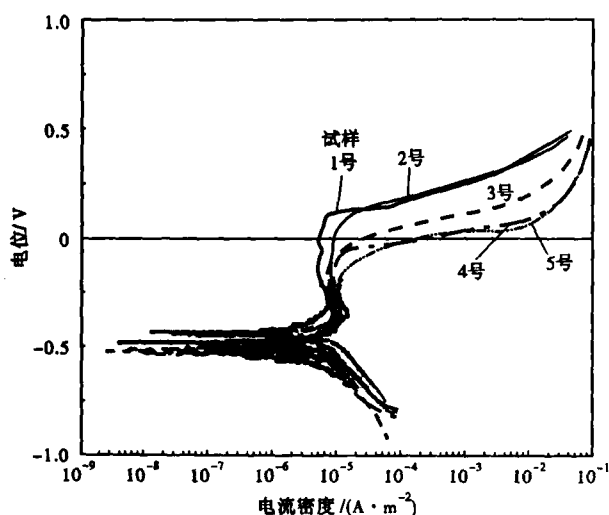


图 3 室温 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢板和 1Cr13 马氏体不锈钢板焊接接头各区域极化曲线

Fig. 3 Curves of polarization at each region in weld junction of 1Cr18Ni9Ti austenite stainless steel plate and 1Cr13 martensite stainless steel plate at ambient temperature

腐蚀电流密度越大,腐蚀速率越高;反之越小,则越耐腐蚀<sup>[4]</sup>。从表 3 可以看出,在 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢和 1Cr13 马氏体不锈钢焊接接头中,腐蚀电流密度大小顺序为: $2^* > 5^* > 3^* > 4^* > 1^*$ ,所以耐腐蚀性由弱到强为  $2^* < 5^* < 3^* < 4^* < 1^*$ ,即马氏体母材耐蚀性最差,奥氏体母材耐蚀性最强,这与交流阻抗分析结果相吻合。

表 3 塔菲尔拟合结果  
Table 3 The result of Tafel fit

| 试样 | 阴极塔菲尔斜率 | 腐蚀电流密度 $i_{corr}$ (mA/cm <sup>2</sup> ) |
|----|---------|---|
| 1  | 298.05  | $7.6659 \times 10^{-8}$                 |
| 2  | 86.573  | $5.1673 \times 10^{-6}$                 |
| 3  | 671.62  | $3.2385 \times 10^{-7}$                 |
| 4  | 69.975  | $1.252 \times 10^{-7}$                  |
| 5  | 103.97  | $6.172 \times 10^{-7}$                  |

### 3 结论

(1) 2 mm 厚 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢和 1Cr13 马氏体不锈钢板材的焊接采用 TIG,在直流正接(电流为 80 A,焊接速度为 110 mm/min)能获得良好的焊缝外观,焊缝组织均匀。

(2) 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢和 1Cr13 马氏体不锈钢板材的焊缝组织为典型柱状晶凝固态组织。

(3) 通过分析 1Cr18Ni9Ti 和 1Cr13 不锈钢焊接接头各区域的交流阻抗谱和极化曲线得出:马氏体母材和焊缝区容易受到腐蚀,奥氏体母材不易受到腐蚀。

### 参考文献

- 1 芮福才. 奥氏体不锈钢与铁素体钢的焊接性能分析研究. 黑龙江电力, 2002, 24(4): 270
- 2 黄振东. 钢铁金相图谱(二). 北京: 中国科技文化出版社, 2005
- 3 司云森. 不锈钢在 NaCl 溶液和海水中的腐蚀行为. 昆明工学院学报, 1995, 4(2): 99
- 4 张丽华, 金云学, 郭宇航. 钛基复合材料的耐腐蚀性能研究. 全面腐蚀控制, 2007, 21(4): 12

赵勇桃(1974-),女,硕士,讲师,金属材料的组织、转变及热加工工艺研究。

收稿日期: 2008-01-14

欢迎订阅 2009 年《特殊钢》杂志

(邮发代号: 38-183) 定价: 16.00 元/期, 全年 96.00 元 全国各地邮局均可订阅