

## 稀土对 X70 管线钢腐蚀行为的影响

杨吉春 左立杰 赵丙新 聂亚丽  
(内蒙古科技大学材料与冶金学院, 包头 014010)

**摘要** 试验用 X70 管线钢(成分: 0.12C、0.20Si、1.60Mn、0.005P、0.005S、0.10V、0.10Nb、0~0.15RE)用 10 kg 真空感应炉冶炼。采用电化学和失重分析法研究了微量稀土对 X70 管线钢在 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液中的腐蚀行为。试验结果表明,微量稀土可降低管线钢腐蚀电流  $i_{corr}$ ,改善腐蚀形貌。随着稀土加入量的增加,腐蚀电流减小,当钢中的 RE 含量由 0 增加至 0.10% 时腐蚀速率由 7.43  $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{day})$  降至 0.29  $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{day})$ 。稀土的最适宜加入量是 0.10%。

**关键词** 稀土 腐蚀性能 X70 管线钢

## Effect of RE Elements on Corrosion Behavior of Pipeline Steel X70

Yang Jichun, Zuo Lijie, Zhao Bingxin and Nie Yali  
(School of Materials and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010)

**Abstract** Test pipeline steel X70 (composition: 0.12C, 0.20Si, 1.60Mn, 0.005P, 0.005S, 0.10V, 0.10Nb, 0~0.15RE) is melted by a 10 kg vacuum induction furnace. The corrosion behavior of pipeline steel X70 with micro-RE in 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> water solution is studied by electrochemistry and weight loss method. Results show that the micro-RE addition obviously decreases corrosion current  $i_{corr}$  of pipeline steel and improves morphology of corrosion surface. With increasing RE addition the corrosion current decreases and as RE content in steel increases from 0 to 0.10% the corrosion rate of steel decreases from 7.03  $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{day})$  to 0.29  $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{day})$ . The suitable RE addition is 0.10%.

**Material Index** RE Elements, Corrosion Behavior, Pipeline Steel X70

影响 X70 管线钢腐蚀的因素很多,这使得 X70 钢在环境中的腐蚀行为变得非常复杂<sup>[1-4]</sup>。本文采用 0.1 mol/L 的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液来测试稀土对 X70 钢的耐腐蚀性能的影响。

### 1 试验方法

试验钢(表 1)在 10 kg 真空感应炉中冶炼,稀土采用铈钕混合金属丝:原料称重→烘干→抽真空→充氩气→钢料完全熔化→由窥视孔加入稀土、镁粒→电磁搅拌→浇注。铸锭经锻造后用钨丝切割机切成(mm)10×10×2.5 试样,用砂纸磨至 400# 背面点焊引出铜导线,用环氧树脂将试样包封在塑料管中,试验前工作电极用 SiC 砂纸打磨至 800#,并抛光。

表 1 试验钢化学成分/%

Table 1 Chemical composition of test steel /%

C	Si	Mn	P	S	V	Nb	RE
0.12	0.20	1.60	0.005	0.005	0.10	0.10	0~0.15

采用 1280B 电化学工作站对试样进行极化曲线测试,同一试样测试 3 次,取平均值<sup>[5]</sup>。腐蚀溶液为 0.1 mol/L 的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液,20 °C 用三电极体系: X70 钢为工作电极,铂片为辅助电极,饱和甘汞电极

为参比电极。利用失重法计算试验钢的腐蚀速率。

### 2 试验结果与讨论

#### 2.1 腐蚀形貌与稀土加入量的关系

图 1(a,b,c,d)为 4 种钢在 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液中浸泡 7 天后去腐蚀产物前腐蚀形貌,从图 1(a,b,c,d)可以看出,4 种钢均被腐蚀产物所覆盖,腐蚀产物分两层,通过激光共聚焦显微镜立体观察可以得到上层为浅颜色物质,底层为深色的红棕色<sup>[4]</sup>。从形貌上看 3#(稀土加入量为 0.15%)浅色腐蚀产物覆盖的面积最小,腐蚀最轻;1#(稀土加入量为 0.05%)基本上全被腐蚀产物覆盖,腐蚀最严重。

图 1(e,f,g,h)为 4 种钢在 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液中浸泡 7 天后去腐蚀产物后形貌图,从图 1(e,f,g,h)可以看出,4 种钢均被不同程度的腐蚀,1#(未加稀土)腐蚀面积最大比较集中且蚀坑最深,2#(0.05% RE)腐蚀面积有所减小且比较分散,蚀坑的深度也浅了许多,4#(0.15% RE)腐蚀面积更小,但腐蚀深度明显加深了,3#(0.10% RE)腐蚀面积最小且非常分散,蚀坑的深度最浅。综上分析可以得到 3# 试样的耐腐蚀性能最好。

#### 2.2 腐蚀电流 $i_{corr}$ 与稀土的关系

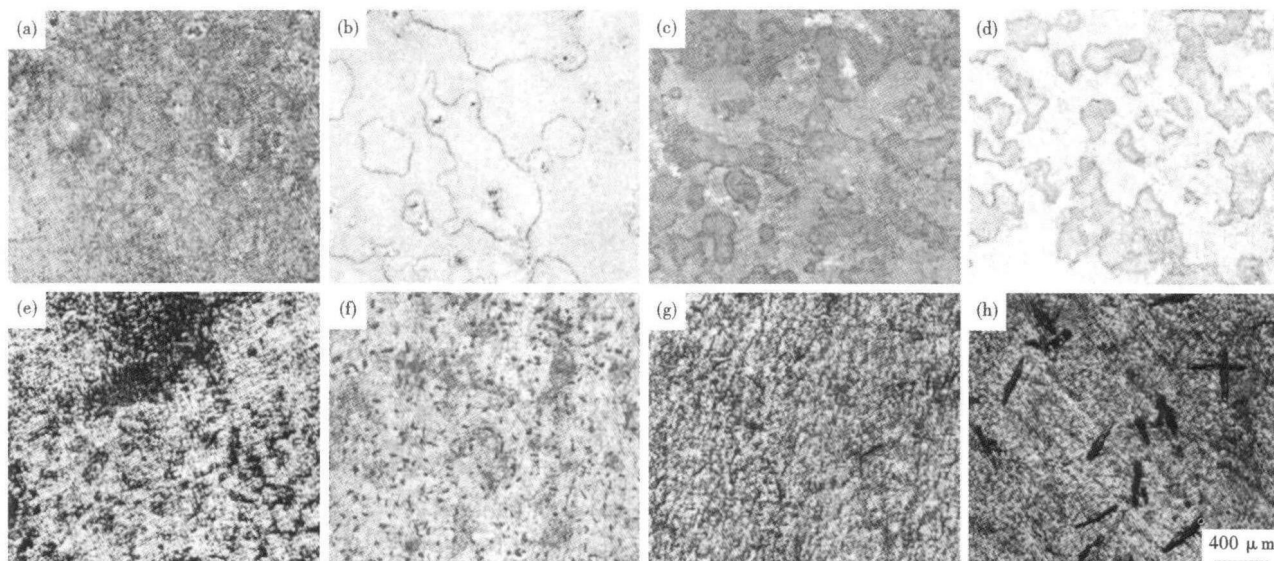


图 1 X70 管线钢在 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液浸泡 7 天后除锈前(a,b,c,d)和除锈后(e,f,g,h)表面形貌,稀土含量/%:(a)(e) 1<sup>#</sup>,0;(b)(f)2<sup>#</sup>,0.05;(c)(g)3<sup>#</sup>,0.10;(d)(h)4<sup>#</sup>,0.15

Fig. 1 Surface morphology of pipeline steel X70 etching in 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> water solution for 7 days, (a, b, c, d) with rust; (e, f, g, h) removed rust, RE content /%: (a) (e) 1<sup>#</sup>,0; (b) (f) 2<sup>#</sup>,0.05; (c) (g) 3<sup>#</sup>,0.10; (d) (h) 4<sup>#</sup>,0.15

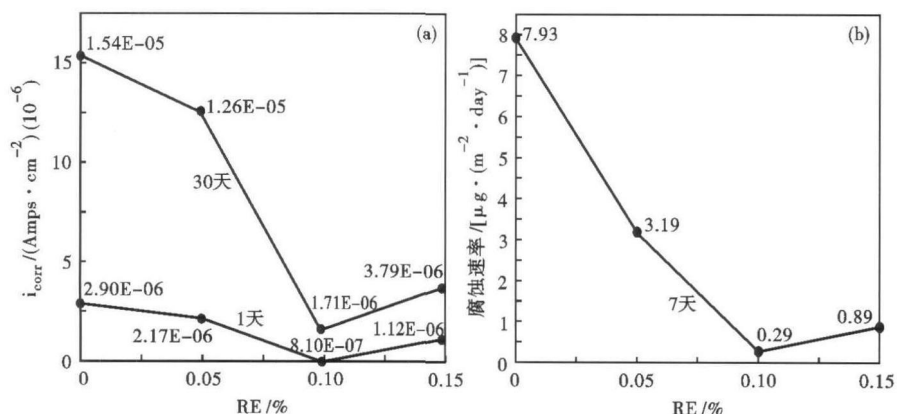


图 2 RE 含量对 X70 管线钢在 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液浸泡 1 天和 30 天的腐蚀电流 (a) 和浸泡 7 天的腐蚀速率(b)的影响

Fig. 2 Effect of RE content in pipeline steel X70 on corrosion current, etching in 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> water solution for 1 day and for 30 days (a), and on corrosion rate of steel etching for 7 days (b)

用弱极化区三点法计算的不同稀土含量的 X70 钢在试验所涉及的稀土含量范围内,无论是浸泡 1 天还是 30 天都有降低腐蚀电流的作用,稀土加入量 0.10%,达到最小值(图 2a)。

从图 2(b)可以看出,没有加入稀土的 X70 钢腐蚀速率很大,加入稀土后腐蚀速率明显减小,并随着稀土加入量的增加腐蚀速率呈减小的趋势,稀土加入量 0.10% 时达到最小值。

### 3 结论

(1) X70 钢中加入稀土可以改变腐蚀形貌,阻止大面积的腐蚀,且腐蚀坑深度也明显变浅。

(2) X70 钢中加入稀土可以减小腐蚀电流  $i_{corr}$ ,随稀土加入量的增加呈减小趋势,稀土加入量在 0.10% 时达到最佳效果。

国家自然科学基金项目(51174114);内蒙古自然科学基金项目(2010Zd105);内蒙古高校科学研究项目(NJ2207098)资助

### 参考文献

- 1 王世伟,李 瑛,王林山. 土壤中侵蚀性离子对 X70 钢的侵蚀作用研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005, 17(2): 98-100.
- 2 王振华. 管线钢在模拟土壤溶液中的电化学行为研究[D]. 北京: 北京科技大学腐蚀中心, 2002: 20-22.
- 3 李晓刚,杜翠薇,刘智勇. X70 钢的腐蚀行为与试验研究[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 49.
- 4 李 涛,温 力,冯佃臣,等. X70 钢在包头土壤环境中的腐蚀规律研究[J]. 装备环境工程, 2007, 4(3): 35-39.
- 5 郭 峰,林 勤,张志平,等. 稀土对碳锰钢耐蚀性能的影响[J]. 稀土, 2003, 24(5): 29-32.

杨吉春(1963-),男,博士,教授,硕士生导师,1984 年包头钢铁学院毕业,钢铁冶金新技术新工艺研究。

E-mail: yangjichun1963@163.com

收稿日期: 2012-03-26