Ce 微合金化钢轨组织及耐腐蚀性能研究*

郑 瑞[1,2], 边 影[1], 苏 航[1], 董 捷[1]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古自治区稀土钢产品研发企业重点实验室, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章以 U75V 钢轨化学成分为基准, 向其中分别添加含量为 0%、0.002%、0.004%、0.006%, 0.008% 的稀土元素 Ce, 经 25 kg 感应电炉冶炼、铸锭、轧制等工艺流程制备样品, 探究铈元素对钢轨钢组织与腐蚀性能的影响。本实验条件下 Ce 元素加入后对于钢轨钢的珠光体片层间距起到了一定的影响, 随着 Ce 元素的加入珠光体片层间距先减小后增大, 在加入 0.004% 时达到最小, 耐腐蚀性能也最好。

关键词: 钢轨; 稀土元素; 腐蚀测试
中图分类号: TG142.13 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2019)06-0059-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.06.015

Reasearch on Microstructure and Corrosion Resistance of Microalloyed Rail with Ce

Zheng Rui[1,2], *Bian Ying*[1], *Su Hang*[1], *Dong Jie*[1]

(1. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Inner Mongolia Enterprise Key Laboratory of Rare Earth Steel Products Research & Development, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, based on the chemical composition of U75V rail, the rare earth element Ce with contents of 0%, 0.002%, 0.004%, 0.006 and 0.008% was added into the rail respectively as well as the samples were prepared by such process as smelting in 25 kg induction furnace, ingot casting and rolling to explore the influences of Ce on the micro-structure and corrosion performance of rail steel. In this experiment, the pearlite lamellar spacing of rail steel is affected by adding Ce element. With the addition of Ce element, the pearlite lamellar spacing is first decreased and then increased as well as reaches the minimum when adding 0.004% Ce and the corrosion resistance is also the best.

Key words: rail; rare earth elements; corrosion test

钢轨的腐蚀问题一直是世界铁路发展过程中一个不容忽视的问题, 目前乌鲁木齐铁路局、北京铁路局等多家用户都提出了耐腐蚀钢轨的市场需求。根据铁路部门测算, 国内耐腐蚀钢轨每年的需求量超过 10 万 t[1]。我国是世界上稀土储量最多的国家, 稀土元素的特殊化学结构, 具有净化、变质夹杂提高耐腐蚀性能等作用[2]。包钢在国内最早研究稀土在钢中的应用, 开发系列稀土钢轨, 并成功推广应用。

1 实验材料与实验方法

1.1 实验钢冶炼

按照设计要求, 利用 25 kg 真空感应电炉冶炼试

收稿日期: 2019-09-16

作者简介: 郑 瑞(1985-), 男, 辽宁省营口市人, 硕士, 工程师, 现从事钢轨产品研发及质量工作。

验钢。以U75V钢主要化学成分为基础,设计单一变量Ce元素的百分含量。由于在之前的文献当中表明了在钢中加入稀土200×10^{-6}的时候对于钢材的力学性能有很大的负面影响[3],设计化学成分见表1。

表1 实验钢主要化学成分(质量分数) %

编号	C	Si	Mn	P	S	V	Ce	Ce
实验1号	0.753	0.553	0.914	0.010 3	0.004	0.047	<0.002	0.000 4
实验2号	0.762	0.561	0.934	0.010 3	0.005	0.048	<0.002	0.001 9
实验3号	0.762	0.562	0.933	0.010 2	0.005	0.048	<0.002	0.004 1
实验4号	0.760	0.559	0.928	0.010 8	0.004	0.048	<0.002	0.0064
实验5号	0.764	0.570	0.945	0.010 6	0.005	0.048	<0.002	0.008 2
U75V	0.710~0.800	0.500~0.800	0.750~1.050	≤0.030 0	≤0.025 0	0.040~0.120		

可以看出,本次实验参考U75V钢的化学成分,添加单一变量铈元素,以此来说明微量稀土元素的加入对于钢轨钢U75V的组织以及腐蚀性的影响。U75VRE钢轨钢化学成分与设计成分基本一致,并且相互之间误差比较小,认为其余化学成分基本一致,只有单一的变量铈元素的含量,可以满足作为后续实验使用的钢材的要求。

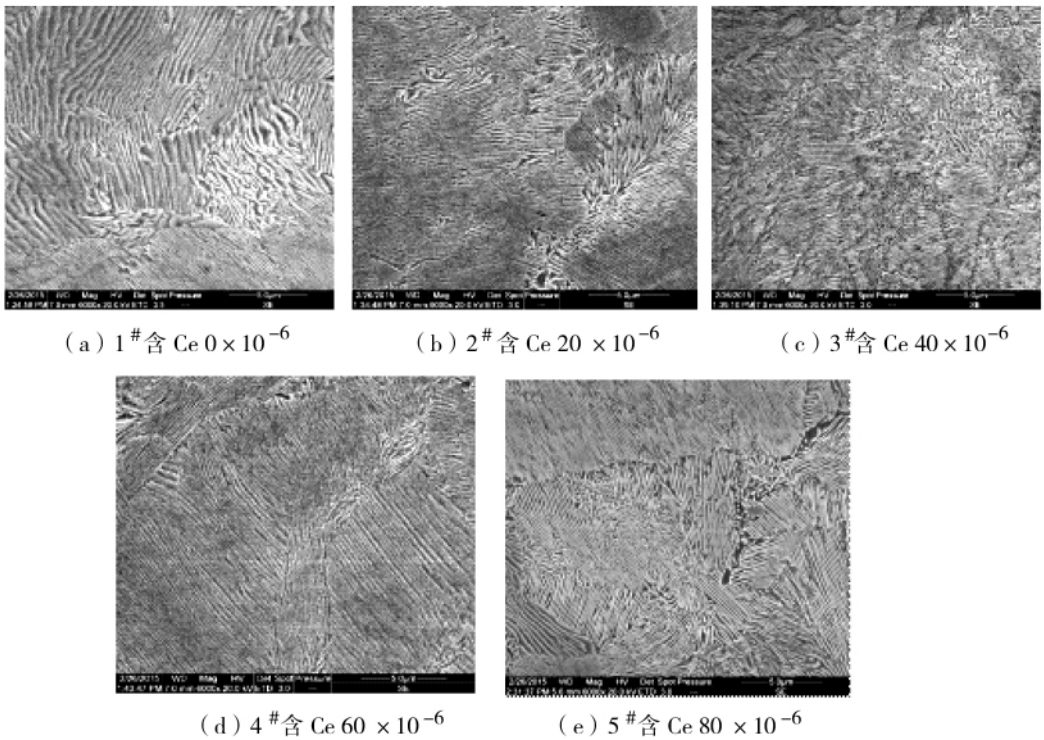
1.2 实验钢轧制

轧钢是在冶轧试验室二辊可逆式热轧机组上进行的,为了获得较好的板形,轧制基本工艺依据生产,轧制7道次,压缩比控制在5.5~6.5,具体为:坯料尺寸:Φ120 mm×330 mm,目标尺寸:Φ20 mm×160 mm。加热温度1 200 ℃,保温2 h,开轧温度(1 150±10) ℃,终轧温度940~960 ℃,轧制尺寸为20 mm厚的钢板。

本次实验参考U75V钢的化学成分,加入单一变量的铈元素,以此来说明微量稀土元素的加入对于钢轨钢的组织以及腐蚀性的影响。

2 Ce对U75V钢组织的影响

对于全珠光体钢来说,珠光体组织的片层间距直接决定了钢材的力学性能,越细小珠光体片层间距的钢材力学性能越良好。如果钢材的显微组织比较大,是可以通过金相显微镜来分辨组织的,本次实验的样品组织相对比较细小,采用扫描电子显微镜观察珠光体片层间距见图1,距离单位为μm。可以明显看出均为全珠光体钢,片层间距也相对均匀。



(a) 1#含Ce 0×10^{-6} (b) 2#含Ce 20×10^{-6} (c) 3#含Ce 40×10^{-6}

(d) 4#含Ce 60×10^{-6} (e) 5#含Ce 80×10^{-6}

图1 含稀土Ce钢轨钢U75V珠光体组织

在图 1 当中，可以明显看到四组样品都是全珠光体钢，组织也相对均匀。对每个样品挑选 10 个视场观察组织并且计算珠光体片层间距，取此 10 个视场的珠光体片层间距的平均值，认为可以代表这个样品的珠光体片层间距的平均值。最后得到平均的珠光体片层间距，珠光体片层间距统计结果详见表 2。

表 2　珠光体片层间与铈元素加入量的关系　　μm

编号	1	2	3	4	5
平均片层间距	0.322 3	0.305 4	0.257 1	0.276 3	0.288 6

在加入微量稀土元素铈后，全珠光体钢 U75V 钢的珠光体片层间距得到了明显的改善，加入 Ce 对于钢轨钢 U75V 钢的显微组织的影响是先缩小再增大，但是都比未加入的稀土元素 Ce 的原始样品珠光体片层间距小。

3　腐蚀性能测试

将钢样加工成 25 mm × 50 mm × 4 mm 的薄板，在靠近头部一端的中间位置打孔，用磨床打磨至表面粗糙度 0.8。将打磨好的样品去除孔内杂物，然后依次用无水乙醇和丙酮清洗至表面无杂物，最后用热风吹干。

3.1　加速腐蚀实验

本实验依据我国的大气环境，按照国标 GB/T 18175—2000旋转挂片法进行加速腐蚀实验。实验装置(旋转挂片仪) 实验装置必须符合要求，见表 3。

表 3　腐蚀实验条件

项目	实验条件
水浴温度控制范围	(30 ~ 60) ±1.0 ℃
旋转轴转速	(75 ~ 150) ±3% r/min
试片固定装置和试杯	电绝缘材料制作
试杯内通气管出气口孔径	Φ1.0 mm ± 0.1 mm
实验时长	168 h

实验选用 3.5% NaCl 溶液。实验时间: 72 h、120 h、168 h; 实验温度: (40 + 1) ℃; 转速: 120 转/min。将失重试样用塑料绝缘材料悬挂于周期浸润腐蚀箱内，试样悬挂高度保持一致，并记录试样位置，实验为三个周期共 168 h，分别于 72 h、120 h、168 h、取出失重试样进行相应的腐蚀分析。

3.2　实验结果

为保证腐蚀失重实验的测试精度，腐蚀试样的清洗过程设计如下: 先用塑料板去除不同腐蚀时间试验钢表面产生的锈层，并对除下的锈层进行收集编号，然后将去除大部分锈层的试样浸入用浓盐酸、去离子水和缓蚀剂配制的溶液中(500 mL 38% 的浓盐酸，500 mL 去离子水，3.5 g 六次甲基四胺) ，在超声波清洗机内超声一段时间，直至锈层完全去除。取出后用清水冲洗，用无水乙醇浸泡，再用丙酮浸泡。热风吹干后放入干燥器内保存 24 h 后称重并记录。

加速腐蚀实验的失重结果表明，加入 40×10^{-6} 的 3# 样品的失重量在三个周期的时候分别为 3.277 1 mm/a、5.254 mm/a、5.621 4 mm/a，加入 40×10^{-6} 铈元素的 3# 样品失重最少，耐腐蚀性最好。

4　结论

(1) 腐蚀失重实验表明随着珠光体片层间距的减小，腐蚀失重的速率也在减小，腐蚀后期失重的比例也在减小。随着腐蚀周期的增加，钢基表面的锈层变厚，钢基体的失重增加。珠光体片层间距最小的 3# 样品失年腐蚀率最小，耐腐蚀性能最好。

(2) 加入稀土元素 Ce 后，实验钢的珠光体片层间距显著减小，耐腐蚀性能已经优于工业生产的 U75V 钢，当 w[Ce] 为 40×10^{-6} 时，珠光体片层间距最小，耐腐蚀性能也最好，这在一定程度上为开发耐腐蚀钢轨提供了理论支持。

参　考　文　献

[1] 王晓丽，宋波，安胜利，等. 含 Nb 钢轨钢在模拟工业大气环境下的腐蚀行为[J]. 热加工工艺，2014，(04) : 1 -4.

[2] 曹楚南. 腐蚀电化学[M]. 北京: 化学工业出版社，1994.

[3] 何业东，齐慧滨. 材料腐蚀与防护概论[M]. 北京: 冶金工业出版社，2004.