相变温度对U76CrRE钢轨组织和性能的影响

薛虎东[1],李智丽[1],王嘉伟[1],周乐育[2]

(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. 北京机电研究所,北京 010010)

摘 要: 利用MMS-200热模拟试验机,对U76CrRE钢轨进行热处理模拟。通过对热模拟试样进行组织观察和硬度检测分析,得出珠光体转变温度对其组织和硬度的影响规律。结果表明,转变温度越低,U76CrRE钢轨珠光体组织片层间距越细,硬度逐渐增加。在560 ℃时,显微组织中存在少量马氏体组织。

关键词: U76CrRE钢轨; 热模拟; 珠光体转变温度

中图分类号: TG162 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2018)01-0035-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.01.013

Effect of Transformation Temperature on Microstructure and Properties of U76CrRE Rail

XUE Hu-dong[1], *LI Zhi-li*[1], *WANG Jia-wei*[1], *ZHOU Le-yu*[2]

(1. *Technical Center of Inner Mongolia Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*;
2. *Beijing Research Institute of Mechaniacl & Electrical Technology*, *Beijing* 010010, *China*)

Abstract: Heat treatment of U76CrRE rail is simulated by using MMS-200 thermal simulated test machine. The influence of pearlite transformation temperature on its microstructure and hardness is obtained by microstructure observation and hardness testing analysis. And the results show that the lower transformation temperature, the shorter interlamellar spacing in pearlitic microstructure of U76CrRE rail is and the hardness is increasing. At 560 ℃, there is a small amount of martensitic structure in microstructure.

Key words: U76CrRE rail; thermal simulation; pearlite transformation temperature

随着铁路钢轨强化改造和发展,高强度高硬度是钢轨发展的一个趋势。其中热处理是提高钢轨强韧化的一种重要途径。在线热处理钢轨应用基础理论是基于片层间距细小的珠光体组织对提高钢轨强度、韧性和耐磨性有良好的作用[1]。即: 对处于奥氏体状态的重轨加速冷却,获得组织比轧态更为细小的片状珠光体组织。大量资料表明,片层间距细小的珠光体钢轨钢具有很好的强度与耐磨性[2]。珠光体轨钢的强韧性主要由珠光体组织中珠光体片层间距、珠光体域、珠光体球团及原始奥氏体晶粒大小决定,所以珠光体的组织形态是影响重轨钢使用性能最重要的因素[3-4]。要获得良好的珠光体组织,必须先了解珠光体的内部组织结构及转变机理。本文在不同转变温度下对U76CrRE钢轨进行热处理模拟实验,研究珠光体转变温度对钢轨显微组织和硬度的影响,为实际在线热处理生产工艺的制定

* **收稿日期**: 2018-01-10

作者简介: 薛虎东(1986-),男,陕西省榆林市人,硕士,工程师,现从事钢轨新产品研发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

提供依据。

1 试验方案

1.1 实验材料

选取某钢厂生产的U76CrRE热处理钢轨，具体化学成分见表1。

表1 76CrRE钢轨的化学成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Cr	V
0.71~0.81	0.50~0.80	0.80~1.10	≤0.025	≤0.025	0.25~0.35	0.04~0.08

热模拟试样在钢轨踏面取，尺寸为11 mm×11 mm×70 mm，具体见图1。

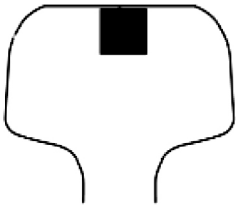


图1 U76CrRE钢热模拟试样取样位置图

1.2 试验方法

在MMS-200热模拟试验机上，按照图2中的工艺进行热处理实验。具体实验过程：首先将材料加热到奥氏体化温度930 ℃保温10 min，空冷到开始淬火温度，后快冷分别冷却到珠光体转变温度640 ℃、600 ℃、560 ℃、520 ℃，保温60 s进行转变，最后再快冷到室温。

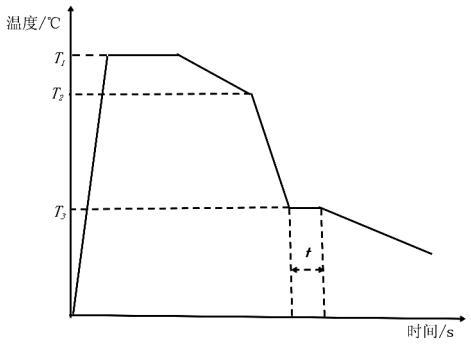


图2 U76CrRE钢轨热处理热模拟工艺

经磨床把上述热模拟试样表面氧化层去掉，在热模拟试样加热区进行硬度检测，即，在长度方向上的4个面中心进行洛氏硬度检测，然后用线切割把热模拟试样从中间切开，中间横截面磨制抛光后，用体积分数4%的硝酸酒精溶液腐蚀，在型号D1m光学显微镜下观察组织形貌。

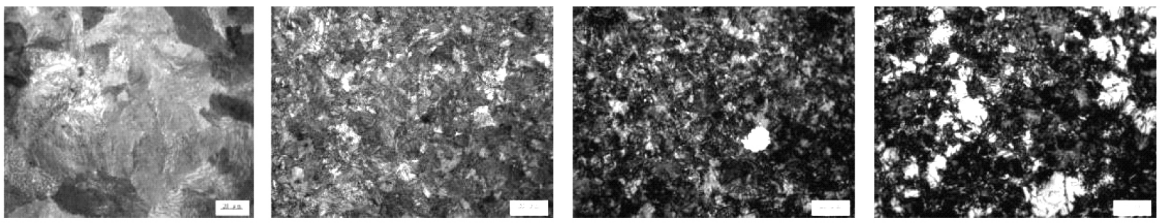
2 实验结果

2.1 显微组织

不同热处理工艺下的试样显微组织见图3。由图3可知，热模拟试验冷却到640 ℃进行保温转变，试样组织为珠光体组织，片层清晰可见，细片层较少，且珠光体团直径大。随着温度的降低，当冷却到600 ℃进行转变，试样显微组织以细珠光体为主且片层间距明显细化，珠光体团直径减小。当珠光体转变温度降低到560 ℃时，U76CrRE热模拟后组织以细珠光体为主，但是出现少量的马氏体组织。转变温度继续降低到520 ℃时，试样显微组织为细珠光体和较多的马氏体。

2.2 硬度

U76CrRE钢轨在不同热处理工艺下洛氏硬度见表2和图4。随着冷却转变温度的降低，试样硬度明显增加，其中珠光体转变温度从640 ℃降低到600 ℃时，硬度出现明显增加，增加约2HRC。随着转变温度的继续降低，试样硬度个别值出现明显高于U76CrRE正常珠光体组织的硬度值。当在520 ℃保温进行转变，热处理后的U76CrRE钢轨个别洛氏硬度值达到45HRC以上。



(a) 640 ℃ (b) 600 ℃ (c) 560 ℃ (d) 520 ℃

图3 不同热处理工艺下U76CrRE钢轨热模拟试样的显微组织

中国知网 https://www.cnki.net

表 2　不同热处理工艺下 U76CrRE 钢轨热模拟试样的洛氏 HRC 硬度

转变温度/℃	硬度值				平均值
640	36.3	37.2	36.6	38.3	37.1
600	39.1	38.2	39.1	39.8	39.1
560	41.5	40.2	42.0	41.3	41.3
520	43.6	42.9	45.8	42.8	43.8

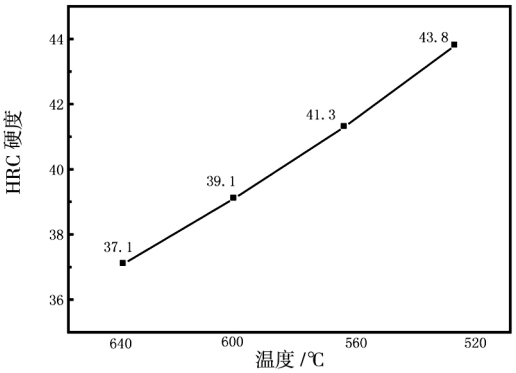


图 4　不同热处理工艺下 U76CrRE 钢轨热模拟试样的洛氏硬度

3　分析与讨论

U76CrRE 钢轨是 TB/T 2344—2012 标准中性能最高级别的钢种之一，也是珠光体型钢轨发展的代表钢种。由图 3(a) 、图 3(b) 可知，随着转变温度的降低，珠光体组织中片层珠光体细化，珠光体团尺寸也减小。这是由于珠光体转变属于扩散型相变，从相变动力学分析，珠光体的形核和长大主要受温度和时间的影响。当珠光体转变温度 640 ℃时，相变过冷度小，珠光体形核所需能量低，C 原子扩散速度快且距离远，因此得到的珠光体片层间距大及珠光体团直径大，如图 3(a) 所示。随着珠光体转变区域转变温度降低到 600 ℃时，珠光体与奥氏体的自由能差愈大，形核率就愈高，同时原子扩散能力相应的减弱，形成的珠光体长大速度减慢，最终钢获得组织中的珠光体团和片层间距减小，如图 3(b) 所示。转变温度继续降低到 560 ℃、520 ℃时，U76CrRE 钢组织中出现马氏体，如图 3(c) 、图 3(d) 所示。这是由于珠光体转变除了与温度有关，还受时间的影响。温度低，C 原子扩散能力降低，当保温转变时间少时，C 原子没有完全扩散，随着温度的降低，最后没有扩散的 C 形成过饱和的奥氏体，最终形成马氏体组织。温度越低，钢中的马氏体组织量越多。

当然，相变温度对珠光体组织的影响从宏观上反映为钢的机械性能。一般认为，随着珠光体片间距减小，铁素体与渗碳体片变薄，相界面增多，增加了对位错滑移的阻碍作用，使钢的硬度和强度提高[1]。由表 2、图 4 所示，随着转变温度的降低，珠光体团直径减小和片层间距的细化，U76CrRE 钢轨硬度增加。温度继续降低，硬度值出现显著增加，个别值明显高于 U76CrRE 热处理后值的范围，对应图 3可以看出，这是由于热模拟试样组织中出现硬的马氏体组织。

4　结论

(1) 随着转变温度的降低，U76CrRE 热模拟试样珠光体组织片层间距细化，珠光体团直径减小，试样的洛氏硬度增加。随着冷却温度的继续降低，在 560 ℃下保温 60 s，钢轨组织中存在少量的马氏体组织。

(2) 在保温 60 s 条件下，U76CrRE 热处理钢轨获得高硬度且不出现异常组织的转变温度在 560 ~ 600 ℃之间。

参　考　文　献

[1] 康皓. U75V 重轨在线热处理工艺关键技术的实验研究[D]. 沈阳: 东北大学，2012.

[2] Perez - Vnzueta A J. Microstructure and Wear Resistance of Pearlitic Rail Steels [J], Wear, 1993, (144) : 173 - 182.

[3] 崔忠圻. 金属学与热处理[M]. 北京: 机械工业出版社，2000.

[4] 余永宁. 金属学原理[M]. 北京: 冶金工业出版社，2000.

中国知网　https://www.cnki.net