

轧制变形对 U75V 重轨钢珠光体片层间距的影响

王晓丽^{1,2} 宋 波¹ 焦国利³

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院, 北京 100083; 2 包头钢铁职业技术学院, 包头 014010;

3 包头钢铁公司机制公司, 包头 014010)

摘 要 U75V 重轨钢铸坯尺寸为 280 mm × 380 mm, 重轨轧材经 14 道次粗轧 (BD1)、中轧 (BD2) 和 CCS 6 道次精轧 (UR₁, ER, UR₂, UR₃, EF, UF) 而成。用扫描电镜测量了重轨钢各道次珠光体片层间距。结果表明, 随重轨钢 BD1E、BD2B、UR 和 UF 道次变形量 (面积压缩比) 增加, 重轨头部、腰部、底部和腿部的珠光体组织片层间距分别由 0.512, 0.414, 0.493, 0.452 μm 降至 0.293, 0.269, 0.253, 0.229 μm, 从而明显地提高重轨的力学性能。

关键词 U75V 重轨钢 连轧 变形量 珠光体片层间距

Influence of Rolling Deformation on Interlamellar Spacing of Pearlite in U75V Heavy Rail Steel

Wang Xiaoli^{1,2}, Song Bo¹ and Jiao Guoli³

(1 Metallurgical and Ecological Engineering School, University of Science and Technology, Beijing 100083;

2 Baotou Iron and Steel Vocational Technical College, Baotou 014010;

3 Mechanical Equipment Manufacture Co, Baotou Iron and Steel Group, Baotou 014010)

Abstract The cast bloom size for U75V heavy rail steel is 280 mm × 380 mm, and the heavy rail products are produced with 14 passes rough rolling (BD1) - medium rolling (BD2) and CCS 6 passes finishing rolling (UR₁, ER, UR₂, UR₃, EF, UF). The interlamellar spacing of pearlite in heavy rail steel at different pass was measured by scanning electron microscope. Measured results showed that with increasing deformation (reduction ratio of sectional area) of BD1E, BD2B, UR and UF pass of heavy steel, the interlamellar spacing of pearlite in heavy rail section of head, web, track bottom and leg decreased respectively to 0.293 μm, 0.269 μm, 0.253 μm and 0.229 μm from original 0.512 μm, 0.414 μm, 0.493 μm and 0.452 μm as a result to obviously increase mechanical properties of heavy rail.

Material Index U75V Heavy Rail Steel, Continuous Rolling, Deformation, Interlamellar Spacing of Pearlite

包头钢铁集团最新引进的西马克 CCS 万能轧制生产线, 通过实验观察到在生产线上轧制过程中, U75V 重轨钢的塑性变形对组织、特别是片层间距的影响。结合珠光体片间距与变形量大小的关系, 通过对组织的观察, 研究其对 U75V 重轨钢组织和性能的影响, 并探讨重轨钢的组织演变过程, 总结规律, 分析原因, 为优质重轨钢的生产提供理论依据, 以提高重轨钢的质量, 降低生产成本, 提高企业的经济效益和市场竞争能力。

1 试验材料及轧制工艺

试样从包钢集团轨梁厂生产现场取得, 所研究的 U75V 重轨钢 (熔炉号 205396) 化学成分见表 1。

表 1 U75V 重轨钢的化学成分 / %

Table 1 Chemical composition of U75V heavy rail steel / %

C	Si	Mn	P	S	V	Al
0.75	0.62	0.94	0.019	0.008	0.05	0.005

包钢依据西马克公司轧制规程进行轧制, 采用 BD1 (粗轧) + BD2 (中轧) + CCS (精轧) 结构方式。所用铸坯断面尺寸为 280 mm × 380 mm, 加热温度 1 200 °C, 开坯温度 1 180 °C, 连轧开坯温度 900 ~ 930 °C, 终轧温度 860 ~ 900 °C。

2 形成珠光体的热力学条件

和其它固态相变一样, 在冷却条件下, 只有当新相珠光体的自由能低于旧相奥氏体的自由能时, 奥氏体才有可能转变为珠光体。可见, 新旧两相体积自由能差是珠光体形成的动力, 自由能总变化的 ΔG 为负值, 乃是珠光体形成的必要条件, 也就是说, 只有过冷到 A₁ 温度以下, 才能形成珠光体^[1]。

2.1 珠光体片间距及其影响因素

片状珠光体的金相形态是铁素体和渗碳体交替排列成层片状组织。这种片状珠光体组织的粗细可由片间距 S₀ 来度量, 珠光体团中相邻两片渗碳体 (或铁素体) 之间的距离 (S₀) 称为珠光体片间距, 显

然,片间距的大小主要决定于珠光体的形成温度^[2]。随着过冷度增大,奥氏体转变为珠光体的温度越低,片间距越小。

影响珠光体片间距的主要因素是转变温度。除此以外,钢中碳含量及合金元素等对片间距也有一定影响。在实际生产中轧制变形对重轨钢组织同样会产生很大的影响。

2.2 珠光体片间距的重要性

在重轨钢材显微组织中,其微观组织是渗碳体和铁素体薄片交替叠合而成的珠光体组织,珠光体的片层排列方向和间距对材料的力学性能有很大的影响,是影响高碳钢拉伸强度和塑性的重要因素,片层间距的细密程度不仅反映了材质本身的力学性能,也可间接推测所用的热处理工艺。

可以看出,在具有片层状珠光体组织中,渗碳体片层有一定的范性能力,并随片层间距的减小,变形能力增加。小的片层间距使珠光体中渗碳体片变薄,薄片渗碳体比厚片渗碳体更有柔性和塑性,厚片渗碳体更容易破裂而不易弯曲或塑性变形,因而减小片间距可同时提高强度和塑性^[3]。由此可见,珠光体片层间距测量以及研究它对材料宏观力学性能的影响是十分重要的。

3 重轨轧制变形对珠光体片层间距的影响

组织成分对重轨钢性能起着决定性作用。影响重轨钢组织结构的因素有很多,如:温度、合金元素、冷却条件、加工条件等,在实际生产轧制时,压下条件的改变对重轨钢组织同样会产生很大的影响^[4]。

3.1 道次变形量对重轨珠光体片层间距的影响

3.1.1 变形量的测量

BD1 和 BD2 一共 14 个道次,CCS 连轧共有 6 个道次,即 UR₁、ER、UR₂、UR₃、EF、UF。通过计算 BD1E、BD2B、UR₁、UF 道次的变形量,并观察组织照片,可以分析变形量对组织片层间距的影响。把断面分为 3 个部分,即重轨头部、腰部、底部。分别计算这 3 个部分的压缩比(面积比),从而得出变形量。所有压缩比见表 2。

3.1.2 珠光体组织片层间距的测量

分别测量各道次重轨断面取出试样的珠光体片层间距,计算其平均值,结果如表 3 所示。

通过比较表 2 和表 3 可以得出,随着重轨道次变形量(面积压缩比)的增大,其对应的珠光体组织片层间距逐渐减小,重轨断面各部位减小的比例与其压缩比相对应。

表 2 BD2D、BD2B、UR₁ 和 UF 道次各部分压缩比
Table 2 Reduction ratio of different section at pass BD2D, BD2B, UR₁ and UF

道次	整个断面积	重轨		
		头部	腰部	底部
BD2D-BD2B	1.586	1.689	1.256	1.781
BD2B-UF	2.253	2.380	2.066	2.578
BD2D-UF	3.753	4.020	1.872	4.022
UR ₁ -UF	1.800	1.890	1.720	1.780
BD2D-UR	1.980	2.412	1.507	2.254

表 3 BD1E、BD2B、UR₁ 和 UF 道次珠光体组织片层间距值/ μm
Table 3 Interlamellar spacing of pearlite in different section of rail at pass BD1E, BD2B, UR₁ and UF / μm

道次	头部 1 [#]	腰部 2 [#]	底部 3 [#]	腿部 4 [#]
BD1E	0.512	0.414	0.493	0.452
BD2B	0.431	0.381	0.382	0.320
UR ₁	0.376	0.319	0.327	0.308
UF	0.293	0.269	0.253	0.229

3.2 珠光体显微组织分析

3.2.1 重轨头部在轧制过程中珠光体组织变化

轨头部分是重轨的主要接触部位,其组织成分及物理性能直接关系到重轨的质量,在轧制过程中轨头的压缩比较大,特别是在 CCS 万能轧制机组中 UR 道次达到最大。万能轧制的目的在于更好地压缩重轨的踏面和底面,使钢坯中残余的树状组织尽可能细化,防止裂纹的产生和扩展。

图 1(a₁, b₁, c₁, d₁) 依次是 BD1E、BD2B、UR₁ 和 UF 断面重轨头部 1[#] 处片层间距的显微组织。

3.2.2 重轨腰部在轧制过程中组织变化

重轨腰部分是重轨的压缩部位,其组织成分及物理性能直接关系到重轨的质量,在轧制过程中重轨腰部在 BD2 中压缩比较大,特别是在 BD2 前 3 个切深孔型中达到最大。在 BD2C、D 孔型中轧制的主要目的是将 BD1 轧制完成的帽型孔切深出重轨的腰部,在此道次中变形较大,加工硬化效果明显。

图 1(a₂, b₂, c₂, d₂) 依次是 BD1E、BD2B、UR₁ 和 UF 断面重轨腰部 2[#] 处片层间距的显微组织。

3.2.3 重轨底部在轧制过程中组织变化

图 1(a₃, b₃, c₃, d₃) 依次是 BD1E、BD2B、UR₁ 和 UF 断面重轨底部 3[#] 处片层间距的显微组织。

通过图 1 各道次重轨钢显微组织分析,对重轨头部、腰部、底部显微组织的比较,结合表 2、表 3 可以看出,从 BD1E、BD2B、UR₁ 到 UF 道次,随着重轨头部、腰部、底部面积的逐渐减小,道次变形量逐渐加大,珠光体片层间距逐渐变小,其显微组织明显变细。

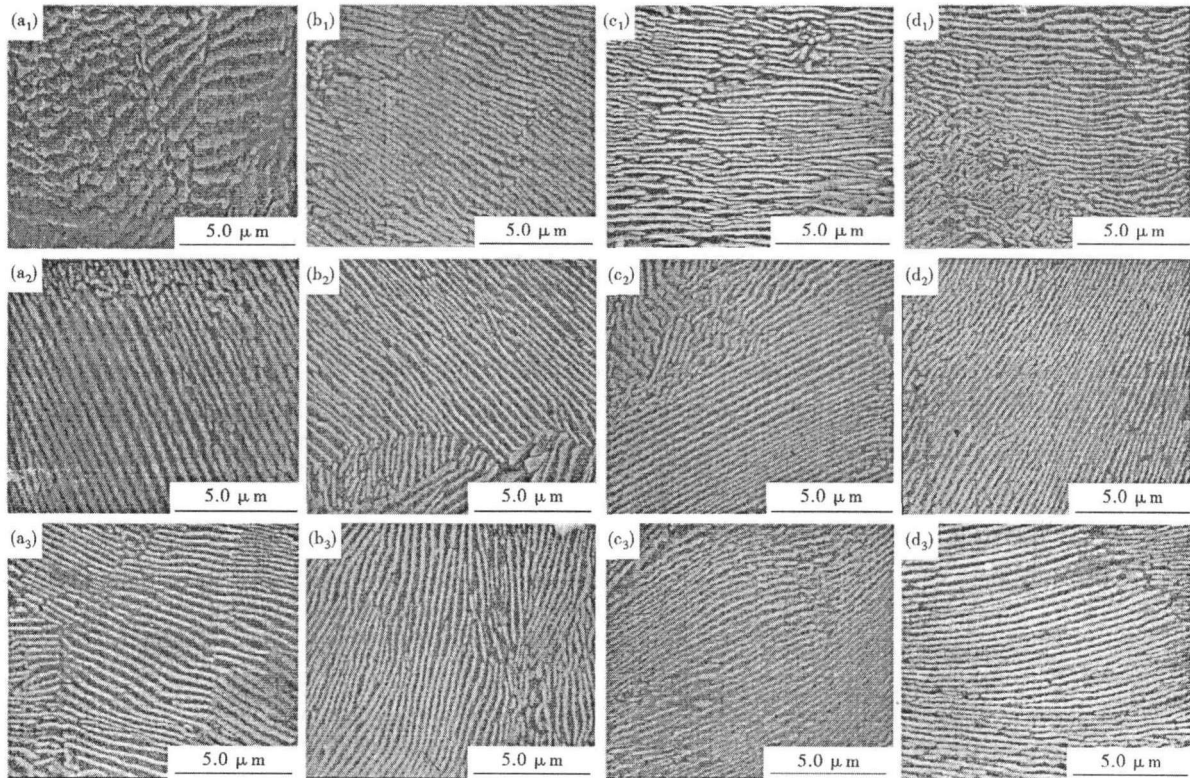


图 1 重轨各道次显微组织: a_1 - b_1 - c_1 - d_1 -断面头部; a_2 - b_2 - c_2 - d_2 -断面腰部; a_3 - b_3 - c_3 - d_3 -断面底部; a_1 - a_2 - a_3 -道次 BD1E; b_1 - b_2 - b_3 -道次 BD2B; c_1 - c_2 - c_3 -道次 UR1; d_1 - d_2 - d_3 -道次 UF

Fig. 1 Microstructure of heavy rail at different pass: a_1 - b_1 - c_1 - d_1 -head of section; a_2 - b_2 - c_2 - d_2 -web of section; a_3 - b_3 - c_3 - d_3 -track bottom of section; a_1 - a_2 - a_3 -pass BD1E; b_1 - b_2 - b_3 -pass BD2B; c_1 - c_2 - c_3 -pass UR1; d_1 - d_2 - d_3 -pass UF

4 结论

试验得出,重轨钢的轧制变形量越大,珠光体组织的片层间距值越小。这表明轧制道次越多,其组织材料的强度和硬度都得到了提高,重轨钢的韧塑性、耐磨性和抗接触疲劳能力都较好。

参考文献

- 1 李明. 高碳钢奥氏体形变对珠光体相变的影响: [硕士学位论文]

文]. 沈阳: 东北工学院, 1986

- 2 高文民. 金相检验基本知识. 北京: 中国铁道出版社, 1989
- 3 金属学编写组. 金属学. 上海: 上海人民出版社, 1977
- 4 李桂军, 李茂林. 攀钢重轨钢生产工艺的完善. 钢铁钒钛, 2001, 22 (3): 61

王晓丽 (1973-), 女, 研究生, 讲师, 1997 年包头钢铁学院毕业, 冶金和轧钢工艺研究。

收稿日期: 2008-05-12

下 期 要 目

百米 U75V 钢轨矫直前冷却过程温度场的有限元分析	李 革等
00Cr13Ni7Mo4Co4W2Ti 马氏体时效钢的时效动力学研究	姜 越等
气幕挡墙中间包夹杂物去除的水模型研究	黄 奥等
脉冲电流处理方式对 45 钢凝固组织的影响	张西锋等
连铸中间包结构优化及夹杂物去除的水模拟研究	高锦国等
Ti-IF 钢 800 ~ 875 °C 变形抗力模型研究	罗 丰等
CSP 微合金钢变形抗力动态回复模型	万 伦等
热轧钢板桩的发展和应用前景	任安超等
高效 RH 脱碳工艺参数的优化	刘柏松等