

轧制变形对 U75V 重轨钢珠光体晶粒度的影响

王晓丽^{1,2} 刘霞² 史凤武³ 周丽² 宋波¹

(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 包钢技术中心,包头 014010)

摘要 U75V 钢重轨由 280 mm × 380 mm 铸坯经 14 道次粗轧 (BD1)- 中轧 (BD2) 和 CCS 6 道次精轧 (UR₁、ER、UR₂、UR₃、EF、UF) 而成。用金相显微镜观察 U75V 重轨钢不同道次轧制变形试样的组织。结果表明,随重轨钢 BD1E、BD2B、UR₁ 和 UF 道次压缩比的增加,重轨头部、腰部和底部的珠光体晶粒度等级分别由 6.0 ~ 6.5、6.0 ~ 6.5、6.0 ~ 6.5 升至 8.0 ~ 8.5、7.5 ~ 8.0、8.0 ~ 8.5,珠光体片层间距 (μm) 分别由 0.51、0.41、0.49 降至 0.29、0.27、0.25,从而有利于提高重轨的力学性能。

关键词 重轨钢 压缩比 组织

Influence of Rolling Reduction on Pearlite Grain Size in Heavy Rail of Steel U75V

Wang Xiaoli^{1,2}, Liu Xia², Shi Fengwu³, Zhou Li² and Song Bo¹

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

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

3 Technical Center, Baotou Iron and Steel Corp, Baotou 014010)

Abstract Heavy rail of steel U75V is rolled by 14 passes rough-rolling (BD1)- intermediate rolling (BD2) and 6 passes CCS finishing rolling (UR₁, ER, UR₂, UR₃, EF and UF) from 280 mm × 380 mm cast bloom. The structure in deformed sample of heavy rail of steel U75V at different pass was observed by using metallographic microscope. Results show that with increasing pass reduction ratio of heavy rail steel at BD1E, BD2B, UR₁ and UF, the ratings of pearlite grain size at head, waist and bottom of heavy rail increase respectively from 6.0 ~ 6.5, 6.0 ~ 6.5 and 6.0 ~ 6.5 to 8.0 ~ 8.5, 7.5 ~ 8.0 and 8.0 ~ 8.5, at that the spaces between lamellae of pearlite decrease respectively from 0.51 μm, 0.41 μm and 0.49 μm to 0.29 μm, 0.27 μm and 0.25 μm, that are available to increase the mechanical properties of heavy rail.

Material Index Heavy Rail Steel, Reduction Ratio, Structure

1 试验材料及轧制工艺

轧制变形研究试样取自包钢实际 CCS 万能轧制生产线,在生产进行到相应所需道次时,生产线暂停通过现场锯切机切割下一段切片。试样尺寸为 Φ10 mm × 15 mm。所研究的 U75V 重轨钢(熔炉号 205396)试样的化学成分见表 1。

表 1 U75V 重轨钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of heavy rail steel U75V / %

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

包钢依据德国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。

珠光体晶粒度观察,变形后的试样在机械抛光机上进行抛光。抛光后的试样采用苦味酸腐蚀。用

蔡司金相显微镜观察试样的晶粒度。用日立 S-4300 型扫描电镜观察珠光体的片间距并进行测量。

标准晶粒度共分 10 级,1 ~ 4 级为粗晶粒,5 ~ 10 级为细晶粒。晶粒度级别和晶粒大小的关系正好相反,晶粒度级别数值越大,晶粒越细小^[1]。

2 重轨轧制变形对珠光体晶粒度的影响

影响重轨钢珠光体晶粒度的因素有温度、合金元素、冷却条件、加工条件等,在实际生产现场轧制时压下条件的改变对重轨钢珠光体晶粒度同样会产生很大的影响^[2]。

2.1 变形量及珠光体片层间距的测量

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,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、腰部和底部。分别计算这 3 个部分的压缩比(面积比),从而得出变形量(表 2)。分别测量各道次重轨钢断面取出试样的珠光体片层间距,

表 2 BD2D、BD2B、UR₁ 和 UF 道次重轨头、腰和底部的压缩比(面积比)

Table 2 Reduction ratio (cross section ratio) of heavy rail head, waist and bottom at pass BD2D, BD2B, UR₁ and UF

道次	整个断面积	轨头	轨腰	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	2.595	4.022
UR ₁ ~ UF	1.800	1.890	1.720	1.780
BD2D ~ UR	1.980	2.412	1.507	2.254

计算求其平均值(表 3)。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 3 BD1E、BD2B、UR₁ 和 UF 道次珠光体组织平均片层间距值/ μm

Table 3 Average space between lamellae of pearlite at pass BD1E, BD2B, UR₁ and UF / μm

道次	头部	腰部	底部
BD1E	0.512	0.414	0.493
BD2B	0.431	0.381	0.382
UR ₁	0.376	0.319	0.327
UF	0.293	0.269	0.253

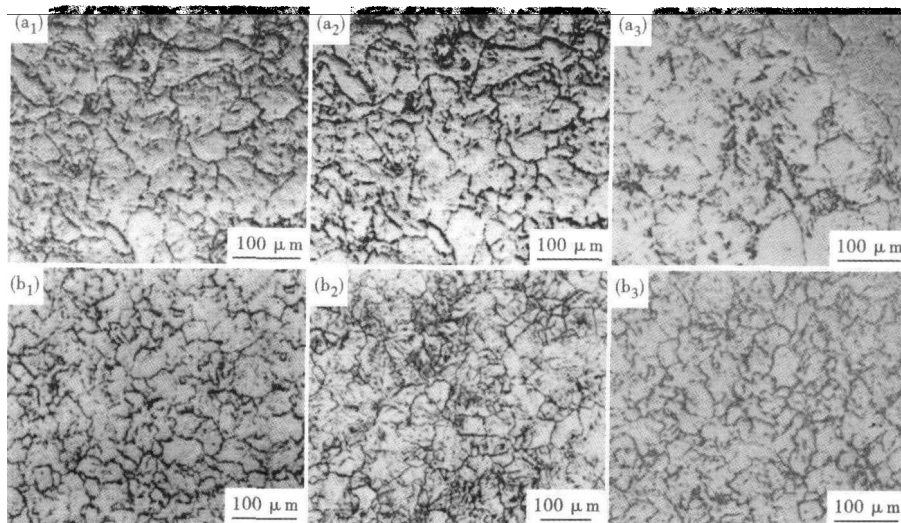


图 1 各道次重轨晶粒形貌:(a₁, b₁)-头部;(a₂, b₂)-腰部;(a₃, b₃)-底部;(a₁, a₂, a₃)-UR₁ 道次;(b₁, b₂, b₃)-UF 道次, SEM

Fig. 1 Morphology of grain in heavy rail at head- (a₁, b₁); waist- (a₂, b₂); bottom- (a₃, b₃); different pass UR₁ (a₁, a₂, a₃) and pass UF (b₁, b₂, b₃), SEM

2.2 珠光体晶粒度分析

图 1 为重轨 UR₁ 和 UF 道次晶粒度照片。测量 U75V 重轨钢各道次珠光体晶粒度等级,结果如表 4 所示。比较变形量和片层间距值之间的关系,分析

重轨钢断面各部位在轧制过程中晶粒度的变化情况。

表 4 BD1E、BD2B、UR₁ 和 UF 道次珠光体晶粒度级别
Table 4 Rating of grain size of pearlite at pass BD1E, BD2B, UR₁ and UF

道次	头部 1 [#]	腰部 2 [#]	底部 3 [#]
BD1E	6.0 ~ 6.5	6.0 ~ 6.5	6.0 ~ 6.5
BD2B	7.0 ~ 8.5	6.5 ~ 7.0	7.5 ~ 8.5
UR ₁	6.0 ~ 6.5	5.0 ~ 6.0	5.0 ~ 5.5
UF	8.0 ~ 8.5	7.5 ~ 8.0	8.0 ~ 8.5

BD1E 道次珠光体片层间距值:头部 0.512 μm 、腰部 0.414 μm 、底部 0.493 μm ,对应晶粒度等级分别为 6.0 ~ 6.5、6.0 ~ 6.5、6.0 ~ 6.5。BD2B 道次珠光体片层间距值:头部 0.431 μm 、腰部 0.381 μm 、底部 0.382 μm ,对应晶粒度等级为 7.0 ~ 8.5、6.5 ~ 7.0、7.5 ~ 8.5。UR₁ 道次珠光体片层间距值:头部 0.376 μm 、腰部 0.319 μm 、底部 0.327 μm ,对应晶粒度等级为 6.0 ~ 6.5、5.0 ~ 6.0、5.0 ~ 5.5。UF 道次珠光体片层间距值:头部 0.293 μm 、腰部 0.269 μm 、底部 0.253 μm ,对应晶粒度等级为 8.0 ~ 8.5、7.5 ~ 8.0、8.0 ~ 8.5。

3 结论

变形量越大,珠光体片层间距减小,得到的奥氏体晶粒越细小,而且晶粒大小是不均匀的,晶界不规则。UR₁ 道次发生了再结晶,晶粒度等级不升反降,奥氏体晶粒变粗。UF 道次晶粒度等级上升,奥氏体晶粒再度细化。

参考文献

- 1 金属学编写组. 金属学. 上海: 上海人民出版社, 1977
- 2 李怀明, 王成永, 谭克健, 等. 我国重轨质量现状与发展. 连铸, 1998(2): 45

王晓丽(1973-), 女, 研究生, 包头钢铁职业技术学院讲师, 钢铁冶金和轧钢研究。

收稿日期: 2009-06-30