

重载道岔尖轨跟端锻压及热处理工艺研究

闫佳, 张琦, 李向前, 尉小明

铁科(北京)轨道装备技术有限公司 北京 102200

摘要: 简述我国重载道岔尖轨锻压跟端的结构形式, 并主要介绍新标准下尖轨跟端的锻压工艺过程及型式检验。

关键词: 重载; 尖轨跟端; 锻压; 热处理; 型式检验

1 序言

在重载铁路中, 道岔的功能是实现列车行车线路的转变^[1]。尖轨是道岔区间中的核心部件之一, 是列车平稳转换线路的关键。目前, 尖轨采用60AT1型特种断面钢轨制造, 但由于其断面不对称, 不能直接与正线75kg/m型标准对称重型钢轨连接, 需将尖轨跟端锻压成标准对称轨型, 在两种轨型之间形成过渡。近期, 铁路行业颁布实施了新技术标准TB/T 2344.3—2018《钢轨 第3部分: 异型钢轨》^[2], 对轨件跟端性能提出了更高的要求。因此, 针对新的标准要求, 铁科(北京)轨道装备技术有限公司开展了尖轨跟端(60AT1-75)锻压及热处理工艺研究, 并对其完成型式检验也势在必行。

2 尖轨材料及锻压跟端结构

表1为锻压原材料的化学成分及力学性能, 跟端锻压原材采用攀钢生产的60AT1在线热处理钢轨, 材质U75V, 轨头顶面硬度340~400HBW。如图1所示, 尖轨跟端锻压成形后经150mm过渡段变成75kg/m轨型, 实现60AT1轨和75kg/m轨之间的过渡, 最终锻压跟端与线路钢轨采用机械结构固定或焊接方式连接。

表1 钢轨原材料主要化学成分及力学性能

项目	化学成分(质量分数, %)			力学性能	
	C	Mn	V	抗拉强度 R_m /MPa	伸长率 A (%)
标准值	0.71~0.80	0.70~1.05	0.04~0.12	≥ 1180	≥ 10
实测值	0.77	0.94	0.089	1380	11

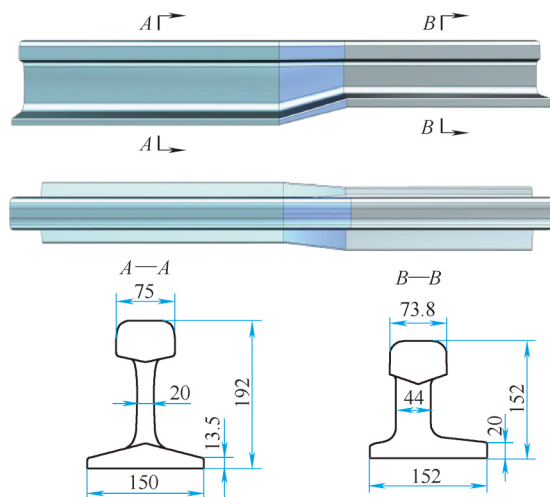


图1 尖轨跟端(60AT1-75)结构

3 尖轨跟端锻压及热处理工艺研究

制备尖轨跟端主要经过镦粗、中频感应加热、整体模锻、锻压跟端整体热处理等工序。主要设备: 天锻生产的ZY46(3150kN)镦粗液压机和5000T(约50MN)锻压生产线; 中国铁道科学研究院金属及化学研究所生产的350kW在线热处理钢轨锻压跟端整体热处理生产线。

3.1 镦粗工艺研究

通常异型钢轨跟端都是由AT轨直接经过中频感应加热和锻造成形, 但是由于60AT1轨和75kg/m轨外形尺寸及横截面积差别较大, 在锻压过程中较难控制金属的塑性流动, 会对合模程度或充型程度产生影响, 从而影响跟端最终成形。例如, 在轨头下颚和轨底区域容易形成缺陷, 导致产品合格率低, 故当前的跟端锻压设备及工艺不能满足将其直

接锻压成形的条件。通过镦粗处理调整60AT1尺寸及横截面积,减小两种轨型之间的差异,有助于实现锻压成形。

为了探索镦粗工艺方案,首先将未镦粗处理的原材进行锻压,并对锻压后的成形情况进行分析,然后对60AT1进行镦粗工艺设计,如确定镦粗位置、镦粗间隔、单次镦粗量,最终通过控制加热温度、镦粗整体缩量 and 钢轨镦粗后轨头宽度,进行分段加热镦粗。

3.2 钢轨中频感应加热工艺研究

结合目前同行业钢轨锻压生产现状,借鉴锻压行业传统工艺参数以及相关标准要求,确定感应加热温度为1150℃^[3, 4]。轨件入炉长度900mm,感应加热炉满负荷启动,红外线测温仪测量钢轨轨腰处温度,当温度显示达到1150℃后保温20s,使轨件温度均匀化,同一横截面温差保持在±50℃以内完成轨件加热。

3.3 锻压成形工艺研究

锻压工序采用热作模具整体型腔模锻成形。首先进行有限元仿真成形分析,对模具进行优化,并改进跟端加工工艺,从而降低或消除缺陷的产生,提高锻件的质量^[5]。具体操作流程:锻造生产线的自动化送料装置抓取钢轨,将钢轨送至感应加热炉进行加热,待加热完成后,自动化送料装置将钢轨送至模具,在送入模具过程中自动化送料装置将钢轨翻转-90°~180°配合模具进行压制;滑块下行压制(分为预锻、中锻、精整三个工位,见图2)、退回;经过滑块压制动作后,自动化送料装置将锻压好的钢轨移出压力机,再平移到压力机另一侧的下料区。

锻压前需要对每个工位模具进行预热,使模具模腔表面温度达到200~300℃,模具各部位温度分

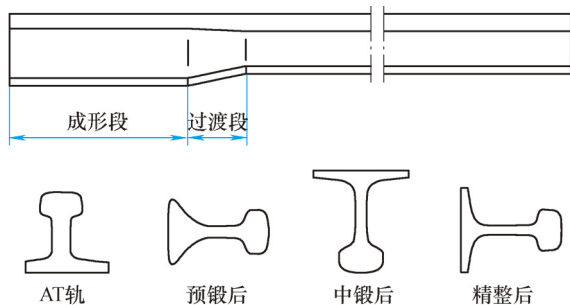


图2 60AT1-75跟端成形流程

布均匀,温度梯度小。模锻压制过程采用三个方案进行试验,即“一火三压”“二火三压”“二火四压”。最终结合成形尺寸合格状态,确定60AT-75系列采用“二火四压”工艺压制方案,即AT轨在中频感应加热炉第一次加热后,经由一工位、二工位与三工位连压,其中三工位模具控制不合模且无飞边,然后将跟端返回感应加热炉进行加热,重新进行三工位锻压,最后终锻成形。

3.4 锻压跟端热处理工艺研究

锻压跟端的热处理,主要目的为去除锻造过程中产生的残余应力以及对钢轨轨头进行硬化处理,增强钢轨轨头的强度和表面耐磨性。在热处理时的加热长度覆盖锻造的加热长度,从而彻底去除上工序的影响。按照行业标准及现有工艺,当前有两种跟端热处理方法:一种是箱式正火+离线淬火,如图3a所示;另一种是采用新型的钢轨跟端整体热处理系统进行感应炉加热+吹风正火,如图3b所示^[6]。目前,上述两种工艺均可满足相关标准质量要求,经实际生产验证,采用第二种方法更为高效和节能。

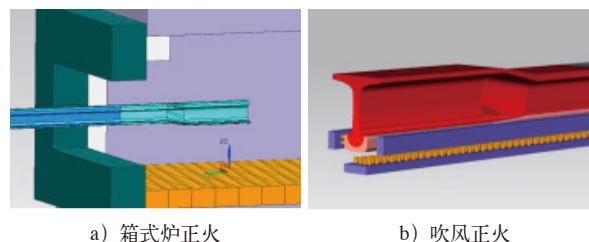


图3 跟端热处理示意

4 型式检验结果及分析

4.1 外观、无损检测和型式尺寸

随机抽检5根成品试件进行外观检测,在成形段和过渡段非机加工表面未见裂纹、折叠、横向划痕、结疤和压痕;过渡段部位的轨头高度、轨腰厚度、轨底相对于垂直轴偏移量均匀过渡,各相交面圆顺平滑。

抽检成品试件3根进行无损检测,对成形段和过渡段表面喷丸处理后进行着色和磁粉检测未发现任何锻造缺陷。

对锻压段加工后的试件抽检3根,其外形尺寸均满足相关技术要求。

4.2 轨顶面硬度、断面硬度和拉伸性能

60AT1-75锻压区轨顶面硬度和轨头横断面硬度

测量的位置按TB/T 2344.3—2018《钢轨 第3部分：异型钢轨》取样，轨顶面硬度340~420HBW；轨头横断面硬度高于36HRC；拉伸试样为 $\phi 10\text{mm}$ 标准试样，检测结果为：成形段及过渡段的 $R_m \geq 1330\text{MPa}$ ， $A \geq 11\%$ ；以上检测结果满足标准要求。

4.3 晶粒度、脱碳层及显微组织检验

对60AT1-75跟端整体热处理件的跟端过渡段（G）及母材（M）进行晶粒度检测，结果见表2。

表2 晶粒度检验结果

轨型	试样编号	取样部位	晶粒度/级
60AT1-75	G-1	轨头	6.0
	G-2	轨腰	6.0
	G-3	轨底	6.0
	M-1	轨头	6.0
	M-2	轨腰	6.0
	M-3	轨底	6.0

对60AT1-75锻压跟端整体热处理件进行表面脱碳层检测M-1成形段脱碳层为0.195mm，G-1过渡段脱碳层深度为0.25mm，如图4所示。

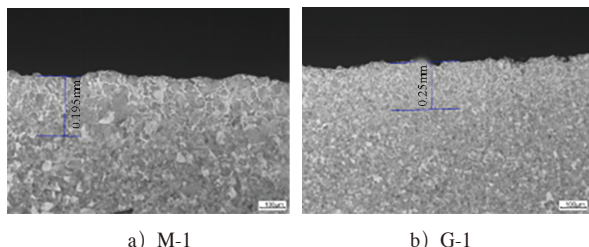


图4 脱碳层深度（100×）

分别在锻压段试件切取金相试样，并对指定部位进行显微组织观察，显微组织形貌如图5所示。

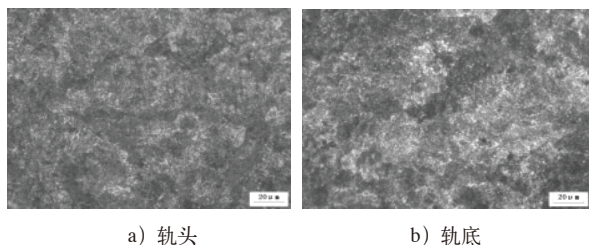


图5 锻压段区域显微组织

显微组织观察表明：金相组织为细珠光体+少量铁素体组织，未发现马氏体和贝氏体等异常组织。

4.4 疲劳试验

疲劳试验按TB/T 1354—1979进行。试验参数： $P_{\max}=390\text{kN}$ ， $P_{\min}=78\text{kN}$ ，载荷比 $\gamma=0.2$ ，支距1m，200万次没有断裂。

60AT1-75锻压跟端疲劳试验现场如图6所示。



图6 60AT1-75锻压跟端疲劳试验现场

5 结束语

- 1) 锻粗工艺是有效避免跟端锻压缺陷的有效方式。
- 2) 控制锻造加热温度，有效避免过烧、过热等现象，是跟端锻压工艺质量管控的重中之重。
- 3) 通过工艺研究，并完成型式检验，结果表明：微观组织、脱碳层深度，力学性能等指标均满足行业标准要求。
- 4) 60AT1-75跟端锻压工艺和整体热处理工艺可用于实际生产。

参考文献：

- [1] 王树国.我国铁路道岔现状与发展[J].铁道建筑，2015（10）：42-46.
- [2] 中华人民共和国铁道部.TB/T 2344.3—2018钢轨第3部分：异型钢轨[S].北京：中国铁道出版社，2018.
- [3] 中国机械工程学会锻压学会.锻压手册[M].北京：机械工业出版社，2002.
- [4] 吕炎.锻造工艺学[M].北京：机械工业出版社，1995.
- [5] 王勖成.有限单元法基本原理和数值方法[M].北京：清华大学出版社，1997.
- [6] 智学元，乔红梅，尉小明.尖轨跟端整体喷风热处理过程中控制马氏体生成的研究[J].金属加工（热加工），2019（3）：22-24.

MW 20210511