

# 坯材压缩比对钢轨低倍及性能的影响

边影<sup>1</sup>, 赵桂英<sup>1</sup>, 王嘉伟<sup>1</sup>, 魏轶彬<sup>2</sup>

- (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. 内蒙古包钢钢联股份有限公司炼钢厂, 内蒙古包头 014010)

**摘要:** 文章介绍了在生产钢轨时使用断面为 320 mm × 415 mm 铸坯代替 280 mm × 380 mm 断面铸坯轧制 60 kg/m 钢轨时由于坯料断面尺寸增加, 使钢轨在轧制过程中变形剧烈, 内部的致密度发生很大变化, 在轧制过程中为保证产品质量, 对各轧机的轧辊进行调整, 以保证稳定的轧制状态。轧制出成品后通过光学显微镜、扫描电镜、冲击测试仪器等设备对钢轨低倍、组织、晶粒度以及冲击性能进行检验分析, 结果表明采用大规格尺寸的铸坯轧制钢轨, 提高坯材的压缩比后可以改善钢轨晶粒度及冲击等力学性能。

**关键词:** 压缩比; 钢轨; 性能

中图分类号: U213.4<sup>+2</sup>

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)05-0073-04

## Effects of Compression Ratio of Billet on Macrostructure and Performance of Rail

Bian Ying<sup>1</sup>, Zhao Gui-ying<sup>1</sup>, Wang Jia-wei<sup>1</sup>, Wei Yi-bin<sup>2</sup>

- (1. Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
2. Steel-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** In the article, it is introduced the rail is deformed violently in rolling process and internal compactness is changed greatly due to the cross section size of ingot blank increases when rolling 60 kg/m rail using ingot blank with the cross section of 320 mm × 415 mm instead of that with the cross section of 280 mm × 380 mm in the production of rail. In order to ensure the product quality in rolling process, the roller of each rolling mill is adjusted to ensure stable as rolled state. After rolling the finished products, the macrostructure, microstructure, grain size and impact performance of rail are tested and analyzed with such equipment as the optical microscope, scanning electron microscope and impact testing apparatus. The results showed that the compression ratio of ingot blank was increased by rolling rail with large size ingot blank so that such mechanical properties as grain size and impact of rail could be improved.

**Key words:** compression ratio; rail; performance

近年来,随着铁路向重载、高速、以及高密度运营方向发展,对钢轨的性能提出了越来越高的要求。

因此国内外钢轨标准对钢轨质量提出了更严格的规定,在钢轨的精度、尺寸、表面质量及拉伸性能、延伸

率、硬度、低倍组织、落锤、残余应力等内在性能上都有明确的技术要求。重轨属于典型的高碳钢,是构成铁道交通的重要组成部分,铁路运输的安全与效率和其质量的好坏密切相关,作为一种安全可靠、运载量大、低碳环保的运输方式,已经成为世界交通业发展的重要趋势<sup>[1]</sup>。重载铁路的发展对钢轨质量提出更高的要求,这就必须要求钢轨连铸坯具有良好的表面质量和内部质量<sup>[2]</sup>。

本文研究了通过改变坯材尺寸,从而改变其压缩比来达到提高钢轨质量的目的。试验采用 $320\text{ mm}\times 415\text{ mm}$ 断面铸坯生产钢轨,其压缩比达到17.1,之前采用 $280\text{ mm}\times 380\text{ mm}$ 断面铸坯生产的钢轨压缩比为13.7,通过增加坯材的压缩比,尝试对钢轨表面质量及钢轨内部质量有一定的改善<sup>[3]</sup>,从而改善钢轨致密性。压缩比一般表示连铸坯(钢坯)的平均变形量,由于在加工过程中,钢坯内部各处的变形量不均匀,相对于钢坯厚度来说,轧辊直径较小时,形变只能发生在钢坯的外层,钢坯的心部变形量很小。而为了焊接连铸坯心部疏松,“打碎”连铸坯心部的枝晶,形变必须达到连铸坯的心部<sup>[4]</sup>。因此,在轧制过程中选择合适的压缩比、保证加热后金属晶粒的均匀性十分重要。

## 1 轧钢孔型设计

为提高钢轨的压缩比,试验通过使用坯料断面为 $320\text{ mm}\times 415\text{ mm}$ 钢坯生产 $60\text{ kg/m}$ 百米钢轨,坯料断面尺寸较大,变形剧烈,通过合理的孔型设计以及合理的工艺制度来保证轧制的稳定性,使产品质量提高。同时在实际过程中不断完善各项工艺参数,从而稳定轧制状态。

根据 $60\text{ kg/m}$ 钢轨的断面以及该钢轨生产所要执行的标准,结合轨梁厂使用坯料断面为 $280\text{ mm}\times 380\text{ mm}$ 生产 $60\text{ kg/m}$ 钢轨的经验,确定BD1、BD2、CCS各轧机的轧辊孔型系统。使用 $280\text{ mm}\times 380\text{ mm}$ 断面坯料轧制 $60\text{ kg/m}$ 钢轨,压缩比为13.7,采用 $320\text{ mm}\times 415\text{ mm}$ 断面坯料轧制 $60\text{ kg/m}$ 钢轨,压缩比能达到17.1,压缩比提高了3.4。根据坯料断面和成品断面尺寸,BD1采用箱形孔和梯形孔加帽形孔的设计主要目的是减少钢坯断面尺寸,为进一步轧制成轨型毛坯料创造条件<sup>[5]</sup>,如图1所示。

BD2采用3个轨形孔设计,将坯料进一步开坯成轨形坯料,以便于下一工序在万能机组中轧制,如图2所示。



图1 BD1孔型系统示意图

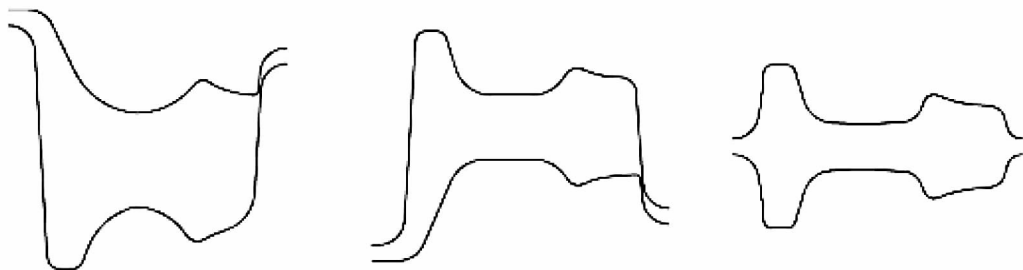


图2 BD2孔型系统示意图

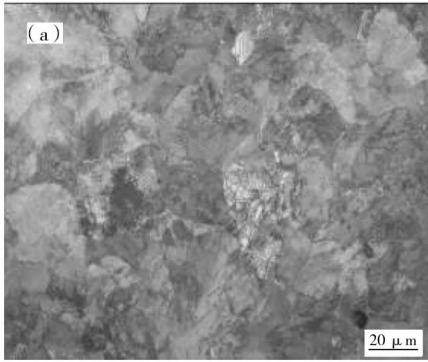
## 2 对金相组织及晶粒度的影响

压缩比一般表示连铸坯(钢坯)的平均变形量,

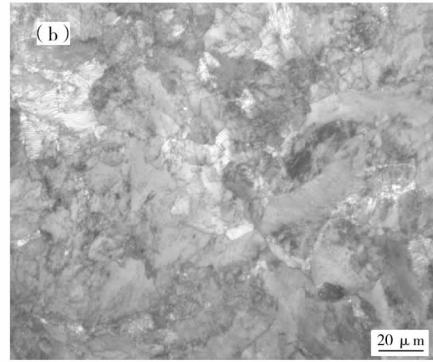
为保证产品组织结构和力学性能,通常需通过控制压缩比来达到要求,其数值与产品的最终用途、钢水和连铸的质量密切相关,特别是气体在钢中的含量、

夹杂物的形态、连铸的浇注温度、碳化物的不均匀程度等对组织和晶粒度都会有影响。为分析不同压缩比对晶粒度及金相组织的影响,按 TB/T 2344—

2012 标准<sup>[6]</sup>要求对两种不同尺寸的铸坯生产的钢轨进行取样及检验。显微组织如图 3 所示,显微组织均为珠光体。



(a) 铸坯尺寸 320 mm × 415 mm



(b) 铸坯尺寸 280 mm × 380 mm

图 3 钢轨显微组织照片

通过对苦味酸侵蚀后两个不同压缩比试样轨头、轨腰、轨底进行晶粒度评定,采用 320 mm × 415 mm 大断面连铸坯轧制的钢轨,轨头晶粒度略细,钢轨晶粒度对比见表 1。

表 1 钢轨晶粒度对比 级

连铸坯断面	轨头	轨腰	轨底
320 mm × 415 mm	7.0 ~ 7.5	6.0 ~ 6.5	7.5
280 mm × 380 mm	6.5 ~ 7.0	6.0 ~ 6.5	7.5

### 3 对钢轨低倍组织的影响

依据 TB/T 2344—2012 要求<sup>[6]</sup>,在生产检验基础上选取了部分钢轨以热酸浸蚀为主,以硫印为辅助手段,对不同规格坯材轧制的 60 kg/m U75V 钢轨进行低倍检验,结果均未发现白点及超标的缩孔残余、分层、异金属夹杂物、内裂、翻皮、肉眼可见夹杂物等缺陷。图 4 为采用 320 mm × 415 mm 铸坯生产的 60 kg/m U75V 钢轨低倍照片,图 5 为采用 280 mm × 380 mm 铸坯生产的 60 kg/m U75V 钢轨低倍照片。

从低倍照片来看,采用 320 mm × 415 mm 铸坯生产的 60 kg/m U75V 钢轨轨腰的中心条纹缩短,压缩比较大的坯型轧制的钢轨整体组织结构比压缩比小的坯型组织结构致密均匀。由于较大的压缩比,经热酸浸蚀的钢轨试样显示不出凝固组织结构,几乎看不出有树枝晶。只是头部钢轨低倍试样上呈现

较大面积分散分布的空隙和暗点,即一般疏松,钢轨低倍形貌有所改善。

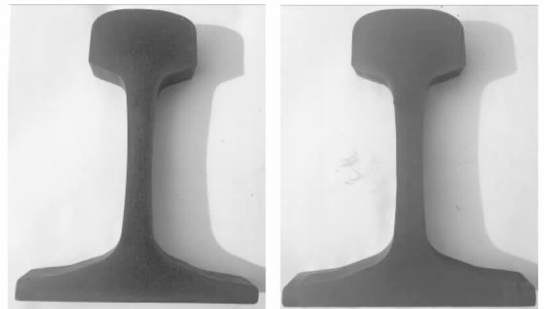


图 4 铸坯尺寸 320 mm × 415 mm U75V 钢轨低倍形貌照片



图 5 铸坯尺寸 280 mm × 380 mm U75V 钢轨低倍形貌照片

## 4 对轨腰冲击韧性的影响

冲击试验按照 GB/T 229—2007《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》<sup>[7]</sup> 执行。试样横断面尺寸为 10 mm × 10 mm, 长度为 55 mm, 在试样中部开 2 mm U 型缺口, 开口方向垂直轧制方向, 分别在 320 mm × 415 mm 铸坯、280 mm × 380 mm 铸坯生产的钢轨轨头、轨腰、轨底取冲击试样, 在室温下进行钢轨全断面冲击功对比, 冲击试样取样部位见图 6, 对比结果见表 2。

由表 2 可见, 采用两种不同断面连铸坯轧制 60 kg/m 钢轨, 轨头室温冲击功基本相当; 采用 320 mm × 415 mm 大断面连铸坯轧制的钢轨, 轨腰和轨底冲击功平均高出 2 ~ 3 J。

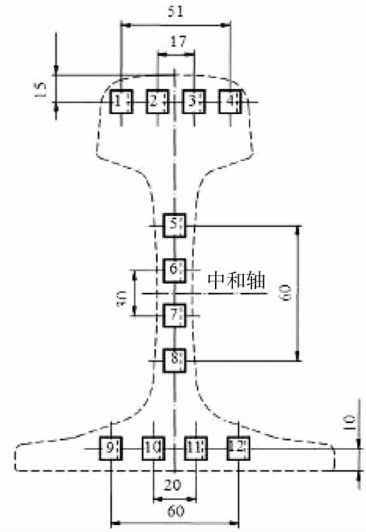


图 6 钢轨全断面冲击取样示意图

表 2 钢轨全断面室温冲击功对比

连铸坯断面	轨头		轨腰		轨底		J
	波动范围	平均	波动范围	平均	波动范围	平均	
280 mm × 380 mm	10.5 ~ 19.5	13.9	5.6 ~ 10.5	7.8	7.0 ~ 15.0	11.1	
320 mm × 415 mm	9.5 ~ 19.0	13.7	6.5 ~ 14.0	9.9	11.0 ~ 16.0	13.9	

## 5 结论

(1) 采大规格尺寸的铸坯来提高坯材的压缩比可以改善钢轨晶粒度。

(2) 大规格尺寸的铸坯生产的 60 kg/m 钢轨, 钢轨低倍有明显改善趋势, 轨腰中心疏松改善。

(3) 采用大规格尺寸的铸坯生产 60 kg/m 钢轨, 由于提高了坯材压缩比, 提高了轨腰及轨底冲击功。

### 参 考 文 献

[1] ZHOU Qing - yue, ZHANG Yin - hua, CHEN Zhao - yang. Some Problem of Rails for High - speed Railway of China [J]. Engineer Sciences. 2004, (1): 35 - 39.

[2] 陈永. 重轨钢连铸坯内部质量控制技术[J]. 钢铁研究学报. 2007, (10): 16 - 20.

[3] 张少广, 田允, 王京华. 棒材生产用连铸坯压缩比的影响因素[J]. 炼钢, 2005, 16(3): 46 - 51.

[4] 边影, 赵桂英. 一种改变坯材压缩比提高 60 kg/m 钢轨低倍及性能的生产方法[P]. 中国专利: 113957319A, 2022 - 01 - 21.

[5] 乌云达来, 李强, 郭利宏. 60AT2 高速道岔轨孔型设计[J]. 包钢科技, 2017, 43(4): 16 - 19.

[6] TB/T 2344—2012, 43 kg/m ~ 75 kg/m 钢轨订货技术条件[S].

[7] GB/T 229—2007, 金属材料夏比摆锤冲击试验方法[S].