60AT2 高速道岔轨孔型设计*

乌云达来，李 强，郭利宏

（内蒙古包钢钢联股份有限公司轨梁轧钢厂，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 文章介绍了万能轧机特点，万能法轧制60AT2高速道岔轨生产工艺，孔型设计的基本方法和基本参数设计；并对不对称断面孔型设计、导卫装置设计和矫直孔型设计进行简要分析，最后对60AT2高速道岔轨生产的产品质量情况进行总结分析。

关键词： 万能轧机；道岔轨；孔型设计；导卫装置；产品质量

中图分类号： TG332⁺.33 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2017)04－0016－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.04.004

Pass Design of 60AT2 High Speed Turnout Rail

Wuyundalai, LI Qiang, GUO Li－hong

(*Rail and Beam Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: This paper introduces the characteristics of universal mill, the production process of 60AT2 high speed turnout rail by universal rolling and the basic methods and parameters of pass design. It also briefly analyzes the pass design of asymmetrical section, the design of guide equipment and the pass design of straightening. Finally, the product quality of 60AT2 high speed turnout rail production is summarized and analyzed.

Key words: universal mill; turnout rail; pass design; guide equipment; product quality

我国已通车运营的高速铁路里程已跃居世界首位，从而促进了国内钢轨企业的高速道岔轨研发工作，高速道岔轨是制造高速造道岔的关键钢轨件，是影响高速列车运行速度和安全的核心部件之一，其制造水平是一个国家轨道发展水平的集中体现。包钢轨梁厂为了满足铁路建设的需要，自2013年10月份开始调试60AT2高速道岔轨断面，采用万能轧制法生产钢轨的实践已积累了成熟的经验，通过试轧不断修改完善轧制孔型、导卫装置和矫直孔型系统，从2014年开始，2#线用万能法轧制的60AT2高速道岔轨进入了批量化生产阶段。

1 万能轧机特点

万能轧机包括粗轧机(UR)、带两个孔型的轧边机(E)和万能精轧机(UF)。在万能孔型的轧制过程中，其腰部承受UR轧机上下水平辊的切楔作用，其头部和底部的外侧承受立辊的垂直侧压作用[1]。同时为了确保轨头、轨底的宽度以及侧面形状，还要在轧边机孔内，对轨头和轨底侧面进行加工。最后在UF轧机上，对成品变形采用半万能法轧制。这样的孔型系统可以保证钢轨的变形均匀、对称性好，并且由于各部分金属的延伸接近相同，这就大大提

* 收稿日期：2017－05－08

作者简介：乌云达来(1985－)，蒙古族，男，内蒙古呼伦贝尔市人，工程师，现从事轧钢工艺管理工作。

高了钢轨外形尺寸精度。另外在万能法轧制过程中，除了 UF 孔型的头宽和腰厚有关联性外，其余孔型头宽、底宽、轨高和腰厚都可以单独进行调整，相互之间不受影响，调整灵活性强，更容易操作。因此这种轧制方法与传统的孔型法相比，具有以下的优点。

(1) 钢轨的头部和底部加工较好，表面质量高，有利于细化晶粒，改善组织，提高综合性能。

(2) 钢轨是在水平和垂直两个方向压缩变形，金属延伸均匀，内应力小，冷却后弯曲度小。

(3) 钢轨断面尺寸精度高，几何形状好，轨底平直，轨头填充好。

(4) 单位辊耗低，利用率高，降低了生产成本。

2　工艺方案及孔型设计

2.1　成品及坯料

60AT2 高速道岔轨头宽 72 mm，底宽 150 mm，轨高 142 mm，腰厚 32.5 mm，截面面积 8 918 mm^2，理论单重 70.01 kg/m。采用 280 mm × 380 mm 矩形断面坯料，采用这种断面连铸坯轧制 60AT2 钢轨，压缩比能达到 11.9，可以保证产品质量，轧制 3 支 25 m成品道岔轨理论坯长 6.75 m。

2.2　孔型系统的选择

60AT2 道岔轨是不对称断面，轧制过程中金属变形不均匀，孔型设计过程中要考虑到轧制时金属不均匀变形对轧件状况的影响。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，保证产品质量。同时在生产过程中需要不断完善各项工艺参数，稳定轧制状态。

根据 60AT2 钢轨的断面以及该钢轨生产所要执行的标准，结合轨梁厂生产 60AT1、50AT1 钢轨的经验，确定了 60AT2 钢轨的坯料和 BD1、BD2、CCS 各轧机的轧辊孔型系统。

采用 1 个箱型孔、1 个梯形孔、3 个帽型孔、3 个轨形孔、3 个万能孔、2 个轧边孔、1 个半万能孔的孔型系统。BD1 轧机配置 1 个箱型孔、1 个梯形孔、3 个帽型孔。BD2 轧机配置 6 个轨形孔，轨形孔各配置 2 个。CCS 轧边机中的两个轧边孔各配置 2 个。

2.3　轧制道次及其分配

总的延伸系数 $\mu_{总} = (280 \times 380)/8\ 918 = 11.93$，选取总轧制道次 $N = 16$ 道时，平均延伸系数 $\mu_{平均} = 1.15$，万能孔型中轧边机的两道次延伸较小[2]。

道次分配为：BD1 轧机往复轧制 7 道次，其中箱型和梯形孔各轧制 2 道次，其余三个孔各轧制 1 道次；BD2 轧机往复轧制 3 道次，三个孔各轧制 1 道次；CCS 轧机往复轧制 3 次，其中 UR 孔轧制 3 道次，其余三个孔各轧制 1 道次，CCS 总计轧制 6 道次。

2.4　万能孔型设计

万能粗轧孔 UR 和万能精轧孔 UF 分别由一对主动水平辊和一对被动立辊共同组成，且四辊的轴线位于同一平面上，形成万能孔型。水平辊对重轨的腰部进行压下，两侧立辊与水平辊的侧面形成加工变形区，分别对轨头、轨底进行压下。轧边孔 ER、EF 对轨头、轨底的端部进行压下，以控制底宽和头宽，如图 1 所示。

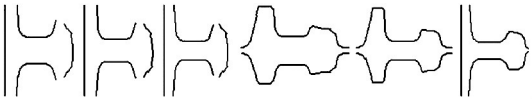


图 1　万能孔型

2.5　BD2 孔型设计

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。

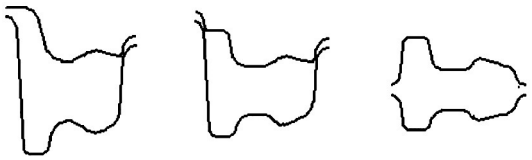


图 2　BD2 孔型

2.6　BD1 孔型设计

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，如图 3 所示。



图 3　BD1 孔型

2.7　各机架延伸系数分配

根据坯料断面和成品断面尺寸确定各机架延伸系数如表 1 所示。

表1 各机架延伸系数

轧机	BD1	BD2	CCS
延伸系数	3.78	1.53	2.00

3 孔型系统分析

60AT2高速道岔轨断面不对称程度较大，上下腿相对于腰相差20 mm，并且腿厚不均，造成整个轧制过程不均匀变形严重，容易出现上翘、扭转现象并难以控制。尤其是BD2切深孔扭转力非常大，这就要求BD1最后一个帽形状孔对应成品短腿一侧要尽可能短，金属量尽可能少，以减少BD2切深孔的扭转力。其次，为了更好的控制短腿长度，梯形孔的设计可考虑做成不对称形状。

此外，BD2最后一个轨形轨，由于上下腿全为闭口孔，且上下腿长度相差大，导致出钢上翘严重。其原因可能是下腿延伸大，更重要的是闭口槽夹持作用较大难以脱槽，造成向上弯曲。为了避免出事故，建议安装上卫板，保证生产顺行。

另外，CCS孔型由于UR头部立辊中心线和上下辊中心线不在同一平面，孔型设计要确认好轧制线偏移量，以免造成成品踏面上下充填不一致。同样由于上下腿夹持力的不同，出钢也容易上翘。为此，可考虑上下辊配置压力，避免出钢上翘造成中轧废。

4 导卫装置设计

根据轧制60AT2道岔轨各轧机的轧辊孔型设计图，结合轨梁厂的生产实际情况，设计了60AT2道岔轨的BD区和CCS区各轧机导卫装置。这种导卫装置主要从左右两个方向对轧件进出孔型进行导向，同时对轧件的侧弯加以矫正，CCS导卫装置如图4所示。

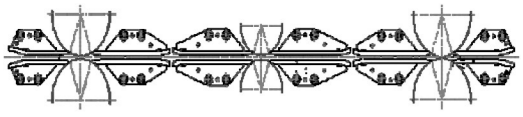


图4 CCS轧机导卫装置示意图

5 矫直孔型设计

60AT2道岔轨断面不对称，矫直过程中控制钢轨的矫直状况存在一定难度，根据这种断面钢轨的矫直特性，通过合理的矫正孔型设计以及矫直参数的设定来保证钢轨的平直度。矫直辊装配如图5所示。

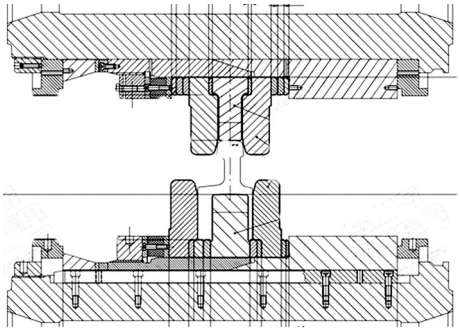


图5 矫直辊装配图

6 断面调试

包钢轨梁厂2013年10月份开始调试60AT2高速道岔轨断面，通过试轧不断修改完善轧制孔型、导卫装置和矫直孔型系统，进一步调整轧制工艺参数优化控制轧制力，各机架各道次具体轧制力见表2、表3，解决了60AT2高速道岔轨不对称断面在轧制过程中产生的BD1扭转、CCS出钢弯曲、不对称以及腿内侧充不满等问题，在2014年1月份在轨梁厂2#生产线成功研发出合格断面，具备批量生产能力。

表2 BD1各道次轧制力情况表 kN

道次	1	2	3	4	5	6	7
BD1	2 900	2 800	3 500	4 400	2 100	1 800	2 500
BD2	2 000	2 120	1 450				

表3 CCS各道次轧制力情况表 kN

道次	轧制力		
	H	*OS*	*DS*
UR1	1 746	1 232	2 228
ER	503		
UR2	1 806	732	2 454
UR3	1 995	733	2 389
EF	773		
UF	1 804		1 902

7 产品质量情况

7.1 几何尺寸

对成品几何尺寸100个数据进行统计，如表4所示。

表 4　成品几何尺寸　　mm

数值	头宽	底宽	轨高	腰厚
最小值	72.46	150.95	142.96	33.49
最大值	71.55	149.02	141.81	32.01
平均值	71.99	150.00	142.4	32.83
标准	72 ± 0.5	150 ± 1	$142^{+1}_{-0.2}$	$32.5^{+1}_{-0.5}$

7.2　机械性能(如表 5 所示)

表 5　主要机械性能

数值	抗拉强度/MPa	延伸率/%	踏面硬度 HB
平均值	1 040	10.8	302
最大值	1 090	13.5	319
最小值	995	9.0	284
技术要求	≥980	≥9	280～320

7.3　低倍

按 TB/T 3109—2013[3] 标准，对 60AT2 高速道岔轨进行低倍组织检验，均未发现白点及超限的缩孔(残余)、内裂、异金属夹杂物、翻皮、分层、肉眼可见夹杂等缺陷，全部合格。

7.4　金相组织

金相组织均为珠光体和微量铁素体，无马氏体、贝氏体及晶界渗碳体，金相组织检验结果符合 TB/T 3109—2013[3] 标准要求。如图 6 所示。

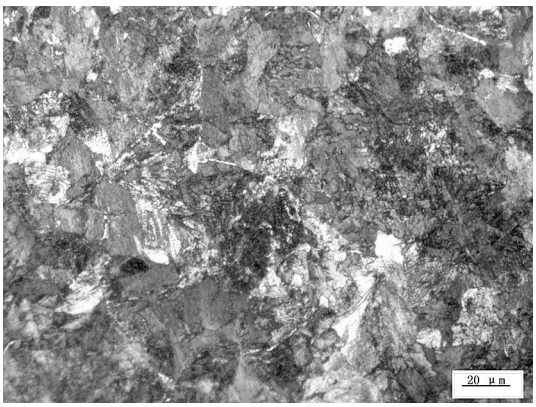


图 6　金相组织照片

7.5　平直度

对 60AT2 高速道岔钢轨平直度进行了测量，结果符合 TB/T 3109—2013[3] 标准要求，如表 6 所示。

表 6　平直度测量结果　　mm

数值	轨端 0～1.5 m 部位			轨端 1.0～2.5 m 部位		端头扭转
	垂直向下	垂直向上	水平方向	垂直	水平	
标准	≤0.20	≤0.50	≤0.70	≤0.40	≤0.60	≤0.45
最小值	0	0.10	0.10	0.05	0.05	0
最大值	0.10	0.35	0.45	0.25	0.30	0.10

8　结论

(1) 60AT2 高速道岔钢轨断面几何尺寸及机械性能都能够满足高速铁路技术要求，轧制成功，改善了包钢产品结构，具备市场竞争力。

(2) 轧制 60AT2 高速道岔钢轨的关键是如上翘和扭转控制。采用万能轧机轧制 60AT2 高速道岔钢轨的孔型系统选择合理、设计正确，完全能满足生产要求，保证产品质量。

参　考　文　献

[1]　董志洪. 高技术铁路与钢轨[M]. 北京: 冶金工业出版社，2003.

[2]　许云祥. 型钢孔型设计[M]. 北京: 冶金工业出版社，1993.

[3]　TB/T 3109—2013，铁路道岔用非对称断面钢轨[S].