新一代钢轨制造装备及特点*

郭利宏，梁正伟，乌云达来

（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： 文章主要结合包钢轨梁厂2#万能轧机生产线工艺特点及设备特性，介绍了新一代钢轨制造装备和工艺特点，以及它的自动化控制程度；并针对该设备所具有的优越性，通过成品钢轨的对比分析，阐述了它对产品质量控制和成品性能指标的提升情况，充分肯定了新一代装备对产品质量的保障能力。

关键词： 万能轧机；钢轨；控制

中图分类号： TG333.6+1 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2017)04－0053－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.04.015

New Generation Rail Manufacturing Equipment and Its Characteristics

GUO Li－hong, LIANG Zheng－wei, Wuyundalai

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

Abstract: This paper mainly introduces new generation rail manufacturing equipment, its process characteristics and automation control level combined with the process characteristics and equipment characteristics of No. 2 universal rolling mill production line in Rail and Beam Plant of Baotou Steel. In view of the superiority of the equipment, through comparative analysis of the finished rail, this paper expounds the promotion of the product quality control and the finished product performance index, and fully affirms the guarantee ability of new generation equipment to product quality.

Key words: universal rolling mill; rail; control

随着铁路事业的发展，目前不仅有普通客运、货运铁路，而且有地下铁路、重载铁路和高速客运铁路；并且机车牵引力及速度得到了高速发展，具有高新技术的火车在世界范围内获得越来越多的认同。以法国的TGV、德国的ICE、日本的子弹头列车为代表的新型列车的出现，向世人展示了现代化铁路的广阔发展前景和比航空、公路运输更具潜力的发展优势。因此，各国铁路部门都采取了高速、重载运输方案，对钢轨提出了越来越严格的要求。为此，新一代的钢轨制造装备也随之产生巨大的革新。

1 钢轨生产装备变迁

20世纪60年代，以原苏联提供的横列式轧机为代表。主导产品为钢轨、大号工槽钢、310乙字钢、方圆钢、管坯等大型材，年产设计能力一般在110万t。

随着科技进步，旧的工艺装备已无法满足先进产品标准要求和市场需要，于是在2000年后各生产厂家陆续进行改造，建设了万能轧制生产线。同时，热轧成品也由原来的25 m增长到得100 m。该生产线除了可生产百米高速钢轨外，可兼顾生产

* 收稿日期：2017－05－08

作者简介：郭利宏(1978－)，男，内蒙古丰镇市人，轧钢高级工程师，主要从事大型材工艺、新产品开发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

H450 mm的中等规格H型钢,310乙字钢和其它一些型钢产品,实现了钢轨产品和型钢产品的更新换代,满足了我国高速铁路对钢轨的要求[1]。

为适应高速和重载铁路,对钢轨质量提出了更高要求,尤其在平直度、组织致密、高强高韧等方面的要求越来越高。因此在钢轨生产装备上,又得到了进一步发展,在线余热淬火设备、高强高精度万能轧制投入了生产线。该轧机除可生产25~100 m钢轨产品外,可兼顾生产高度在1 000 mm的大规格H型钢产品,同时可生产400~600 mm的钢板桩产品。

钢轨生产装备随着新技术的不断出现,实现了更新换代,同时对产品也实现了升级战略。

2 钢轨生产工艺流程

目前,世界先进的钢轨生产工艺为:电炉或转炉→LF炉→VD炉→连铸→缓冷→加热→高压水除鳞→一次开坯→二次开坯→万能粗轧→万能中轧→二次高压水除鳞→万能精轧→热打印→预弯→冷却→平立复合矫直→探伤→补矫→锯切→质量检查→发货。

3 钢轨生产工艺特点

(1)能生产100 m以上长钢轨;

(2)采用了空煤气双蓄热步进梁式加热炉,提高了加热效率;

(3)两次高压水除鳞技术,有效保证了钢轨表面质量;

(4)采用双机架可逆式开坯轧机,三机架万能往复连轧机组,可生产高强度钢轨,并可保证钢轨的尺寸精度;

(5)用万能轧机生产的钢轨表面质量好;

(6)在冷床可实现钢轨预弯,减少矫后钢轨的残余应力;

(7)长尺矫直和长尺探伤可减少矫直盲区和探伤盲区,采用平立复合双支撑矫直机,有效提高了矫直精度;

(8)百米在线余热淬火钢轨可减少铁路部门焊缝数量,增加行车安全感。

此外,在钢轨孔型设计方面,由于腰部承受万能轧机上下水平辊的切楔作用,其头部和腿部的外侧承受万能轧机立辊侧压垂直作用。这样的孔型系统可以保证钢轨从粗轧孔到成品孔轧件的变形是均匀的、对称的,各部分金属的延伸也接近相同,这就极大的提高了钢轨断面尺寸精度和外形质量。

4 主要工艺装备特点

4.1 蓄热步进式加热炉

采用了高产、低耗、自动化程度高、生产灵活的蓄热步进梁式加热炉。其主要特点是:

(1)运用步进梁交错技术,消除了传统直线型步进梁与钢坯接触点位置始终不变而形成较大水冷"黑印"的缺点,交错步进梁可使"黑印"温差降至15~20 ℃。对最终产品的尺寸精度提供了先决条件,特别是为高速轨的生产创造了条件。

(2)有效宽度大,最大装料长度可以达到13.6 m,可实现百米75 kg/m钢轨的生产;加热能力大,冷坯加热280 t/h。

4.2 开坯轧机

开坯轧机采用成熟的重型封闭式牌坊,上辊机电压下、液压防卡钢、过载保护、轧制力测量、液压平衡、带负荷压下等先进技术,可有效的保证轧件的轧制质量;采用自动换辊,可保证在30 min内完成换辊,缩短换辊时间。其主要技术参数如下:

(1)辊身长度2 600 mm,轧辊直径1 100 mm/950 mm,最大辊环直径1 350 mm。

(2)轧制速度约0~5 m/s。

(3)BD1主传动电机6 000 kW,0/70/110 r/min,BD2主传动电机8 100 kW,0/110/165 r/min,交-交变频调速。

4.3 CCS万能轧机

万能串列机组机架采用CCS(紧凑式滑移机架)技术设计,是型钢轧机机架设计领域的最新发展和大型型钢轧机的新一代机架。具有以下优点:

(1)串列机组机架布置为:UR—E—UF,即由1架万能粗轧机、1架轧边机和1架万能精轧机组成,三机架呈连轧布置。万能粗轧机与万能精轧机结构型式完全相同。

(2)全液压压下系统,万能机架液压单个水平辊轴向移动。SMS工艺控制系统用于液压压下系统的动态控制。确保生产能力最大、成品公差最小。20 min内完成自动选择CCS机架自动化程序。

(3)轧制H型钢时,采用X-H轧制工艺。根据成品要求,第一台机架采用X孔型设计,第二台机架采用H孔型设计。

(4)钢轨采用万能轧制模式,第一架和第三架轧机为万能轧机,其优点有快速完成全自动换辊,

中国知网 https://www.cnki.net

AGC 全自动液压辊缝系统确保轧件的理想几何尺寸，对辊缝自动调整，并且在轧制过程中对整个轧件长度进行带压调整。

(5) 钢轨生产中通过 CCS 轧机机前高压水除鳞装置除掉钢轨表面二次氧化铁皮层，从而提高表面质量，生产的钢轨能够满足高速钢轨等高要求。

(6) 万能轧机机架传动侧十字扼铁自动提起，在两辊模式下可以实现小辊径轧制，用于实现两辊轧制的最佳轧辊直径(即板桩轧制)。

4.4　万能轧机(UR/UF)主要技术参数

(1) UR/UF 轧机万能模式。水平辊直径：1 400～1 220 mm(采用 450 mm 立辊)、1 400～1 200 mm(采用 342 mm 立辊)；立辊直径：980～880 mm。

水平辊辊身长度：1 000 mm；立辊辊身长度：450 mm、342 mm。

(2) UR/UF 轧机两辊模式。水平辊直径：1 150～1 080 mm；水平辊辊身长度：2 000 mm。

(3) E 轧边机。水平辊直径：1 000～850 mm；水平辊辊身长度：1 300 mm、2 000 mm(两辊模式)。

(4) 电机。UR/UF 轧机主传动电机 5 500 kW，0/60/150 r/min，交－交变频调速；E 轧机主传动电机 2 500 kW，0/100/275 r/min，交－交变频调速。

4.5　钢轨打印机

新一代的钢轨打印机具有结构简单，操作方便，换号速度快的特点；并且水平移动具有自动检测功能，能够有效避免因钢轨摆动造成的打印位置不合适的现象。

4.6　步进式冷床

步进冷床入口侧配备钢轨预弯装置，能够对钢轨进行全长范围内的预弯，降低冷却过程中的弯曲应力，到冷床入口侧钢轨基本处于平直状态，方便矫直，成品残余应力小。

4.7　CRS 水平矫直机

双支撑钢轨/型钢 9 辊 CRS 水平矫直机采用了紧凑性式结构，矫直辊采用双侧支撑，保证矫直力对称，确保矫直后的产品最佳的几何形状和最低的内部残余应力。主要设备特点如下：

(1) 液压调整系统可以在受载状态下运行，9 辊采用独立传动。

(2) 水平矫直机后设置了 1 台悬臂 7＋1 辊立式矫直机，立式矫直机只用于矫直钢轨，可矫强度在 1 400 MPa 的贝氏体或热处理钢轨。

(3) 辊夹紧无滞后间隙，平直度最好，成品钢轨残余应力最小，特别是矫直机出口的 9# 底辊可调，这个特点更有助于改善钢轨平直度。

(4) 可实现 25 min 的自动更换。

(5) 如果生产型钢，垂直矫直机可离线。

4.8　钢轨检测中心

TYCS－11 钢轨检测中心使用 20 个探头对钢轨进行探伤，对钢轨头部不小于 70%，腰部不小于 60% 的内部质量进行检测。

5　成品性能指标

(1) 抗拉强度。表 1 数据表明，高强轧机生产的 U71Mn 材质 60 kg/m 钢轨抗拉强度比普通轧机平均值提高了 15.9 MPa。表 2 数据表明，高强轧机生产的 U75V 材质 60 kg/m 钢轨抗拉强度比普通轧机平均值提高了 13.0 MPa。

表 1　U71Mn 材质 60 kg/m 钢轨抗拉强度对比表　MPa

轧机	最大值	最小值	平均值
普通轧机	990	944	970.9
高强轧机	1004	959	986.8

表 2　U75V 材质 60 kg/m 钢轨抗拉强度对比表　MPa

轧机	最大值	最小值	平均值
普通轧机	1 099	990	1 055.3
高强轧机	1 134	1 016	1 068.3

(2) 延伸率。表 3 数据表明，高强轧机生产的 U71Mn 材质 60 kg/m 钢轨延伸率比普通轧机平均值提高了 0.36%。表 4 数据表明，高强轧机生产的 U71Mn 材质 60 kg/m 钢轨延伸率比普通轧机平均值提高了 0.39%。

表 3　U71Mn 材质 60 kg/m 钢轨延伸率对比表　%

轧机	最大值	最小值	平均值
普通轧机	14.0	10	12.14
高强轧机	14.5	10	12.50

表 4　U75V 材质 60kg/m 钢轨延伸率对比表　%

轧机	最大值	最小值	平均值
普通轧机	13.5	9.0	10.87
高强轧机	13.5	9.5	11.26

(3) 踏面硬度。表 5 数据表明，高强轧机生产

中国知网　https://www.cnki.net

的U71Mn材质60 kg/m钢轨踏面HB硬度比普通轧机平均值提高了4.9。表6数据表明，高强轧机生产的U75V材质60 kg/m钢轨踏面HB硬度比普通轧机平均值提高了4.0。

表5 U71Mn材质60 kg/m钢轨踏面HB硬度对比表

轧机	最大值	最小值	平均值
普通轧机	279	261	272.8
高强轧机	286	263	277.7

表6 U75V材质60kg/m钢轨踏面HB硬度对比表

轧机	最大值	最小值	平均值
普通轧机	317	284	301.7
高强轧机	327	280	305.7

(4) 晶粒度。U75V材质60 kg/m钢轨晶粒度基本在6.5～7.0级，能够很好的满足目前钢轨质量要求。

(5) 残余应力。60 kg/m钢轨轨底残余拉应力最大为152 MPa，残余压应力最大为170 MPa，都远远小于TB/B 2344—2012，43～75 kg/m，钢轨订货技术条件[2]标准中规定的残余拉应力不大于250 MPa。

(6) 断裂韧性。60 kg/m钢轨断裂韧性K_{1C}平均值为36.45 MPa/$m^{\frac{1}{2}}$，比标准平均值29 MPa/$m^{\frac{1}{2}}$大7.45 MPa/$m^{\frac{1}{2}}$，完全满足现行标准要求。

(7) 裂纹扩展速率。60 kg/m钢轨裂纹扩展速率Δk = 13.5 MPa/$m^{\frac{1}{2}}$时为22.4，比TB/B 2344—2012[2]标准值55小32.6；Δk = 10 MPa/$m^{\frac{1}{2}}$时为8.5，比TB/B 2344—2012[2]标准值17小8.5，完全满足现行标准要求。

(8) 轴向疲劳60 kg/m钢轨轴向疲劳检验循环5×10^6没有发生断裂，完全满足现行TB/B 2344—2012标准要求。

6 结束语

由于生产装备及新技术的应用，尤其是万能轧机的全自动化控制，不但极大的提高了大型材的生产效率，并降低了现场操作人员的劳动强度；而且也使产品质量实现了大幅度的提升，有效地改变了包钢轨梁厂的产品结构，增强了国内外市场竞争力。

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

(上接第42页)

4 结论

(1) 滚动导卫改变了滑动导板与轧件面摩擦的状况，形成线摩擦，减少了摩擦力。其满足高速轧制的工艺技术要求、提高轧钢成材率、提高钢材表面质量、减少个换导卫次数，提高轧机作业率、减少导卫备件消耗，节约轧钢成本。

(2) 孔型的改进使成品的腿端能很好的充满，既保证了成品的边长尺寸，又能使成品孔型磨损均匀，保证了成品尺寸的稳定性。

(3) 角钢的优化孔型设计，可以高效、优质的完成角钢的轧制任务。减少质量及轧制缺陷，提高轧制效率。

(4) 通过采取措施，减少了生产过程中轧制事故的发生，提高了轧件的稳定性及产品合格率，进而提高了产品的产量和质量。

参 考 文 献

[1] 刘文. 轧钢生产基础知识问答[M]. 北京：冶金工业出版社，1994.

[2] 王辉. 轧钢生产的实用技术[J]. 河北冶金，2006，(03)：8－10.

中国知网 https://www.cnki.net