

公路桥梁用异型钢轧制工艺研究

郭利宏¹, 陈琳¹, 段永强¹, 卜向东², 刘舵¹, 李永强¹

- (1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司轨梁轧钢厂, 内蒙古包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古包头 014010)

摘要: 文章主要介绍了包钢轨梁厂为满足市场需求, 研制开发公路桥梁伸缩缝用异型钢(π 型钢)。为提高公路桥梁伸缩缝装置的安全性, 自主设计了牌号 BG355BRE 稀土钢, 以提高钢材强韧性指标。针对 π 型钢断面复杂, 轧制过程中变形不均匀严重的情况, 设计了专用的孔型系统。在生产过程中, 通过对孔型的优化设计和合理分配各道次压下量, 有效解决了不对称断面轧制弯曲问题。成品各项力学性能均满足技术协议要求, 外形尺寸及表面质量满足用户使用要求, 实现了批量供货。

关键词: 桥梁; 异型钢; 轧制; 孔型

中图分类号: TG335.1

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2023)06-0060-04

Study on Rolling Technology of Figured Steel for Highway Bridge

Guo Li-hong¹, Chen Lin¹, Duan Yong-qiang¹, Bu Xiang-dong²,
Liu Duo¹, Li Yong-qiang¹

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

Abstract: In this paper, it is mainly introduced the research and development of figured steel for expansion joint of highway bridge (π profile steel) in Rail and Beam Rolling Plant of Baotou Steel to meet the market demands. In order to improve the safety of expansion joint device of highway bridge, the BG355BRE rare earth steel is designed independently to improve strength and toughness of steel. The special pass system is designed aiming at the complex cross section of π profile steel and seriously uneven deformation during rolling process. In the production process, the problem of rolling bending for asymmetric cross section are effectively solved by optimizing pass design and distributing rolling reduction of every pass reasonably. All the mechanical properties of finished products could meet the requirements of technical agreement as well as dimension and surface quality could meet the operating requirements of users so that batch supply is realized.

Key words: bridge; figured steel; rolling; pass

随着我国交通强国政策以及经济内循环的需要, 交通基建会进一步加大, 在公路桥梁的建设中,

伸缩缝的衔接用钢为必不可少的部件,尤其在跨度大的桥梁显得尤为重要。目前该部件基本为钢板焊接或普通组合件,在使用过程中容易出现开裂、变形等异常问题,需要日常大量的维护工作,且车辆通行时噪音较大,严重影响高速公路车辆通行的舒适性,急需一种替代产品。为此,包钢开发了稀土钢异型专用材,以满足高速公路桥梁的建设需求。

1 成分设计

根据目前公路桥梁伸缩缝的使用工况,设计钢材屈服强度级别为 355 MPa 级。因热轧 π 型钢为全新伸缩装置用异型钢,属国内首创,为提高公路桥梁伸缩缝装置的安全性,依托包钢稀土资源特色,结

合用户使用需求,设计了牌号 BG355BRE 稀土钢。通过稀土元素的加入,进一步增加 π 型钢的强韧性。

由于热轧 π 型钢腰为主要受力位置,且现行标准中暂无该异型材的取样要求,通过与用户深入沟通,最终确定取样位置为腰部的正中心。根据不同规格 π 型钢腰厚的差别,以及碳当量的要求,小型号 π 型钢碳当量按 0.45% 上限要求设计,添加 0.02% ~ 0.03% 的钒,在保证性能的前提下成本最优。大型号 π 型钢碳当量按 0.47% 上限要求设计,通过碳含量的提高,弥补腰厚带来的强度损失,详细成分设计见表 1。

表 1 BG355BRE 热轧 π 型钢化学成分(质量分数)

%

钢种	C	Si	Mn	P	S	N	V	RE(加入量)
BG355BRE	≤0.24	≤0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.035	≤0.012	0.02 ~ 0.03	0.005

2 孔型设计

孔型设计的作用是将钢坯在设计好的轧辊孔型中经过若干次轧制变形,使其断面几何形状和尺寸允许偏差控制在标准范围内,孔型系统设计是否合理直接影响到最终成品尺寸^[1]。孔型设计主要内容包括三个方面:①断面孔型设计,根据原料和成品的断面形状和尺寸及产品性能要求,确定孔型系统、轧制道次和各道次的变形量,以及各道次的孔型形状和尺寸;②轧辊孔型设计,确定孔型在各机架上的分配及其在轧辊上的配置方式,以保证轧件能正常轧制、操作方便、成品质量好和轧机产量高;③导卫装置设计,导卫装置应保证轧件能按照所要求的状态进出孔型,或者使轧件在孔型以外发生一定的变形,或者对轧件起矫正或者翻转作用^[2]。

2.1 产品断面特点

根据用户需求,热轧公路桥梁用异型材断面形状如图 1 所示。

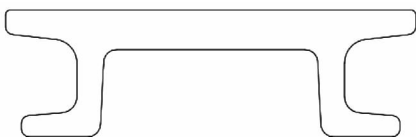


图 1 π 型钢断面示意图

2.2 孔型设计方案的确定

根据 π 型钢断面形状特点,上下不对称两侧带槽,轧制过程中金属变形不均匀严重,孔型设计难度大,需要通过合理的孔型设计和工艺控制来保证轧制的稳定性,属于典型的复杂断面型钢孔型设计范畴。为了能够保证成品两侧槽深尺寸,精轧阶段需采用万能轧制法,用立辊和水平辊在侧壁轧制出凹槽。在开坯轧制阶段,考虑到不均匀变形,以及弯曲等影响,为了不影响轧制顺利进行,在孔型设计时采取假腿的设计方案。

为了保证产品质量,结合现有生产工艺及设备状况,坯料采用 280 mm × 380 mm 断面的矩形连铸坯。设计孔型方案为:BD1 开坯,设计两个箱型孔,两个异型切深孔,轧制为槽形后送 BD2;BD2 粗轧,设计两个槽型孔,两个整形孔,使轧件初步成形后送 CCS 轧机;轧件在 CCS 轧机完成开槽过程轧制为成品,见图 2、图 3。

2.3 断面孔型设计

依据成品断面尺寸并考虑腹板正偏差控制,根据轧制变形特点,设计各孔型的延伸系数见表 2。

2.4 轧制导卫设计

依据各孔型尺寸,为保证咬入正常,出钢平直,在 BD 区轧机安装有导板,在 CCS 各孔安装有卫板。典型导卫板如图 4、图 5 所示。

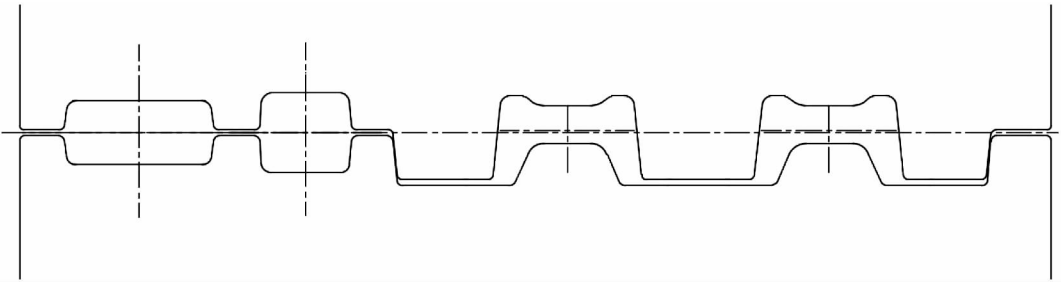


图 2 BD1 轧辊示意图

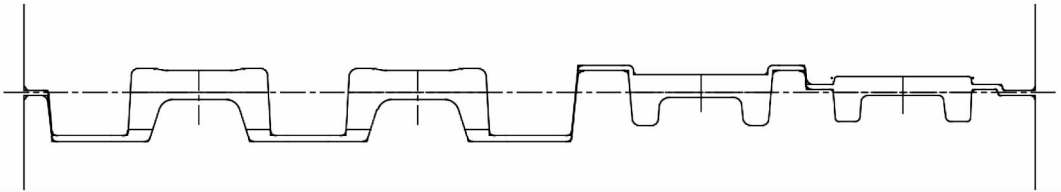


图 3 BD2 轧辊示意图

表 2 主要规格延伸系数

孔型	左侧		腰部		右侧		合计	
	面积/mm ²	延伸系数/%	面积/mm ²	延伸系数/%	面积/mm ²	延伸系数/%	面积/mm ²	延伸系数/%
H	10 784		10 457		10 784		32 024	
G	7 571	1.424	7 876	1.328	7 571	1.424	23 019	1.391
F	6 534	1.159	6 518	1.208	6 534	1.159	19 587	1.175
E	5 623	1.162	5 025	1.297	5 623	1.162	16 270	1.204
D	4 735	1.187	4 481	1.121	4 735	1.187	13 952	1.166
C	3 754	1.261	4 074	1.100	3 754	1.261	11 582	1.205
B	3 263	1.150	3 259	1.250	3 263	1.150	9 786	1.184
A	2 712	1.203	3 327	0.980	2 712	1.203	8 752	1.118

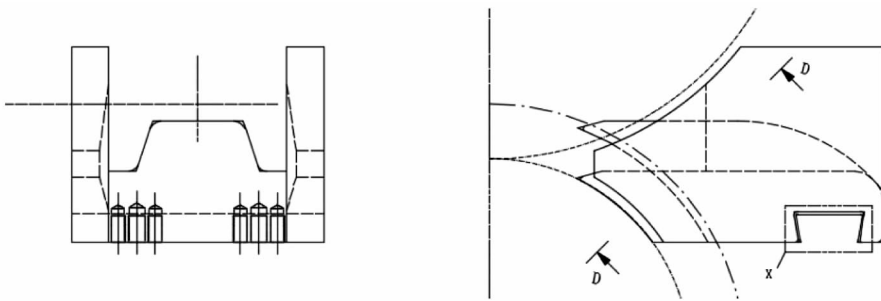


图 4 BD 区轧机导卫

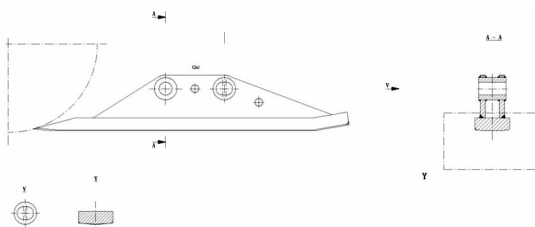


图 5 CCS 轧机卫板

3 生产调试

通过批量生产, π 型钢的各项性能指标、外形尺寸都达到了用户的使用要求。具体的性能指标见图 6—图 9, 尺寸控制偏差见表 3。

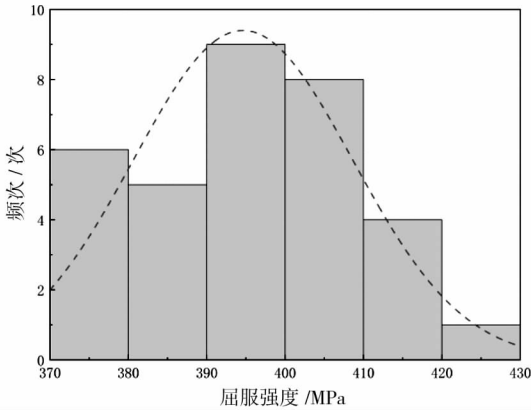


图6 屈服强度过程能力

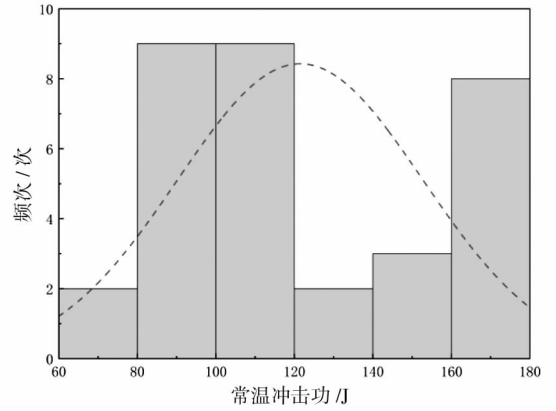


图9 常温冲击过程能力

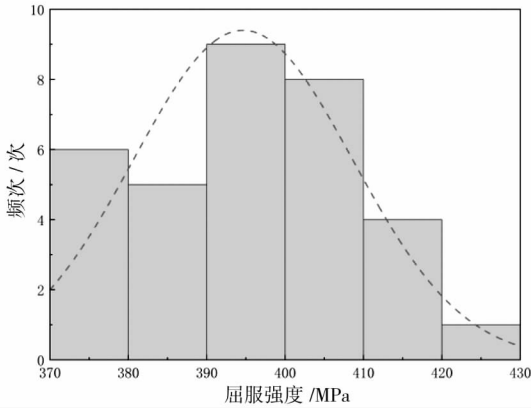


图7 抗拉强度过程能力

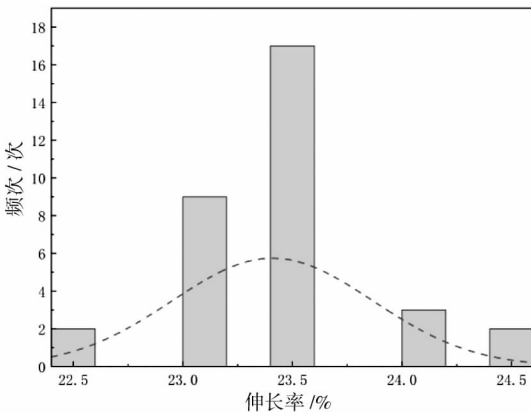


图8 伸长率过程能力

表3 π型钢断面尺寸

项目	标准偏差	最大偏差	最小偏差	平均偏差
宽度	0 ~ +8	+6	+2	+4
腰厚	-2 ~ +2	+1.5	-0.5	+1
上爪长度	-2 ~ +5	+3	+0	+2
下爪长度	-5 ~ +2	-3	+1	-1

4 结论

(1)通过开发 BG355BRE 专用稀土钢生产公路桥梁用 π 型钢,各项性能稳定,有效解决了部件的开裂问题,降低了公路维护工作量,完全满足工况的使用要求。

(2)用 280 mm × 380 mm 断面矩形坯,通过合理的孔型设计,将粗轧机轧制的槽型钢作为 CCS 万能轧机的供料,在 CCS 万能轧机利用立辊切深成型的轧制工艺可以保证 π 型钢的外形尺寸。

(3)在开坯轧制阶段,通过合理调整异型切深孔的压下量,可以保证正常出钢,避免严重的下扎和上翘。

参 考 文 献

[1] 陈沅,郭利宏,席红岩,等.包钢采用万能孔型法轧制槽型轨工艺研究[J].内蒙古科技大学学报,2021,40(2):117-120.

[2] 刘舵,莫日格吉勒,李强.HW175 mm × 175 mm 型钢孔型设计[J].包钢科技,2017,43(4):23-26.