

棒材粗轧机组无孔型轧制技术的开发与应用*

肖国栋¹, 姜振峰¹, 李子文², 刘京华³(1. 新疆八一钢铁股份公司, 新疆 乌鲁木齐 830022; 2. 新疆八一钢铁集团公司, 新疆 乌鲁木齐 830022;
3. 首钢集团公司, 北京 100041)

摘 要: 通过对无孔型轧制的工业试验和技术分析, 得出无孔型轧制可在大间距轧机上实现, 脱方控制的关键点是导卫控制和宽展控制, 翻平宽展能使轧件产生圆弧钝角, 避免了应力集中和裂纹, 采用无孔型轧制具有可统一坯料、提高轧辊寿命 2~4 倍、降低能耗 6%~7% 等优点。

关键词: 棒材; 无孔型轧制; 翻平宽展; 变形规律; 压下规程

中图分类号: TG335.62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-9996 (2005) 03-0015-03

Development and application of grooveless rolling technology of blooming mill for bar

XIAO Guo-dong¹, JIANG Zhen-feng¹, LI Zi-wen², LIU Jing-hua³

(1. Xinjiang Bayi Iron & Steel Co., Ltd., Wulumuqi 830022, China; 2. Xinjiang Bayi Iron & Steel Group Corp., Wulumuqi 830022, China; 3. Shougang Group Corp., Beijing 100041, China)

Abstract: The analysis of the application of grooveless rolling technology proves that grooveless rolling can be successfully realized in the big-distance mills. The key point of off-square control is the control of guide and turn over spread, of which the turn over spread can help rolled piece to form arc obtuse angle. The application of grooveless rolling can simplify the billets, increase the roll life 2 to 4 times and reduce energy cost by 6 to 7 per cent.

Key words: bar; grooveless rolling; turn over spread; deformation rule; rolling regulation

1 前言

40 余年来, 无孔型轧制技术通过国内外钢铁企业的不断实践, 取得很大进展, 并已成为能优化棒线材生产的轧制技术。无孔型轧制只需改变辊缝即可调整轧件的断面尺寸, 使轧件受力简化, 变形均匀, 并可改善轧材的表面质量, 对不同坯料和轧制程序的适应性很强, 尤其是棒材生产存在产品规格多、坯料不统一问题, 采用无孔型轧制可获得明显的经济效益。

2 设备布局和工艺特点

新疆八一钢铁股份公司棒材连轧生产线于 1997 年从意大利 DANIELI 公司引进投产。整套连轧机由粗轧、中轧和精轧各 6 架平立交替卡盘式短应力线轧机组成, 采用断面为 120mm × 120mm、150mm × 150mm, 长 10m 的连铸坯,

主要产品为 Φ10~Φ40mm 圆钢和带肋钢筋, 最高轧制速度为 18m/s, 设计生产能力 30 万 t/a, 目前已达到 70 万 t/a, 生产工艺流程如图 1 所示。

粗轧机组长 12.5m, 相邻轧机中心距 2.5m, 6[#]轧机距 7[#]轧机中心距 6m。1[#]~6[#]轧机孔型设计为箱-方-六角方-圆-椭圆-圆孔型, 如图 2 所示。

3 试验研究和生产应用

3.1 试验方案制定与实施

1999 年 4 月, 小型材厂首先在 1[#]、2[#]轧机上进行无孔型轧制试验并取得成功; 根据其变形规律, 该技术于 2000 年 1 月又在 3[#]、4[#]轧机上试验成功; 在此基础上, 利用现场采集的大量数据, 对宽展计算和导卫参数进行了设计修正,

收稿日期: 2004-10-15

作者简介: 肖国栋 (1965-), 男 (汉族), 山东人, 高级工程师, 总经理, 硕士。

注: 本研制项目获新疆维吾尔自治区科技进步二等奖。

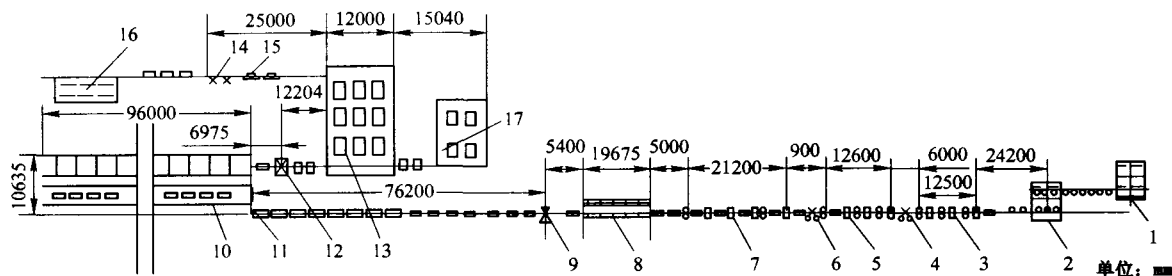


图 1 工艺平面布置图

- 1—上料台架；2—步进式加热炉；3—粗轧机组；4—1[#]飞剪；5—中轧机组；6—2[#]飞剪；7—精轧机组；
8—穿水冷却线；9—3[#]飞剪；10—冷床；11—对齐辊道；12—定尺摆剪；13—链式运输机；14—打捆机；
15—成品称重装置；16—成品收集台架；17—定尺收集输送装置

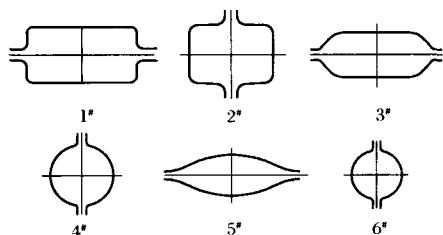


图 2 粗轧机组孔型示意图

2000 年 11 月在 5[#]、6[#] 轧机上进行无孔型轧制试验，再次取得成功。

3.2 轧件断面和轧制参数设计

根据小型材厂设备的实际状况，为提高其轧制稳定性，采用矩—方轧法在粗轧机组 1~6 道次进行了无孔型轧制，轧件断面形状见图 3。

根据现场实测的轧制参数，采用回归法建立

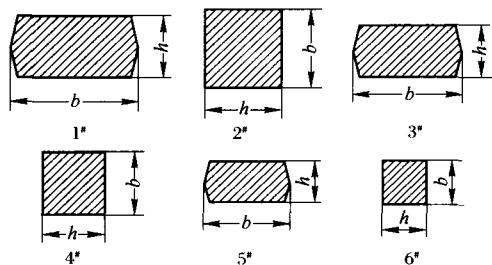


图 3 粗轧无孔型轧制断面形状示意图

了适用于小型连轧机无孔型轧制的宽展计算公式和稳定性条件的计算公式，总结出各道次的压下变形规律，进而制订出合理的压下、调整规程。

其中根据 Z. Wusatowski 宽展模型建立了相应宽展系数 β 表达式：

$$\beta = 0.9138 \cdot a \cdot c \cdot d \cdot e \cdot \eta^{-w}$$

式中， w 为相对宽展指数， $w = 10^{-0.6527 \Delta \epsilon_d^{0.4805}}$ ； a 为温度系数； c 为轧制速度修正系数； d 为钢种修正系数； e 为轧辊材质和表面加工状况的修正系数。

表 1 为小型材厂典型的轧制参数。可以看出，最大压下率达 43%，最大轧前高度比达 2.12，远远突破了常规极限值 1.5，且咬入角按最小辊径计算。

3.3 导卫装置设计和布局

国外无孔型轧制强调使用贯通型导卫^[1,2]，即前后导卫用与轧机辊缝值相当的贯通板相连成整体，以防止轧件窜移脱方、扭转。但这种导卫更换复杂费时，磨损快，轧件尺寸不易控制。本次试验设计了一种前后分体布置、更换和换槽非常方便的导卫装置。这种导卫耐磨损，可防止轧件窜移、扭转和脱方。设计特点是：入口导卫有

表 1 八钢小型连轧机的无孔型轧制参数

轧制道次	轧件高度/mm	轧件宽度/mm	轧前高宽比	压下率/%	咬入角/(°)	轧辊直径/mm
0	150	150	—	—	—	—
1	100	170	1.00	33	26	Φ560/Φ505
2	112	114	1.70	39	28	Φ540/Φ490
3	69	132	1.01	39	26	Φ490/Φ440
4	81	82	1.91	39	29	Φ450/Φ410
5	49	104	1.01	40	22	Φ490/Φ440
6	59	63	2.12	43	27	Φ470/Φ420

直线段部分的间隙较小, 不给轧件扭转的空间, 而且直线段较长, 接近变形区, 直线段部分镶入耐磨合金, 可保证较高的尺寸稳定性, 有效地防止脱方发生, 使用寿命大幅度提高。设计时还要使出口导卫的扩张角度尽可能大, 形成对轧件出入口导卫的包绕状, 从而可有效地防止轧件窜移。

对于高宽比较大的 4、6 号轧制道次, 使用滚动导卫。滚动导卫设计上采用了滑动 + 滚动 + 滑动组合摩擦的方法, 耐磨块部分可深入轧辊的辊缝之间, 使其在轧制方向上保持最佳的导辊间隙。

3.4 宽展分析和角部变化特点

有研究认为, 无孔型轧制中轧件的棱角反复受到平辊轧制, 棱角处变尖, 可能发生裂纹和折叠^[3]。这一点在国内外轧钢界都有争论^[4], 据此在试验中给予了高度重视。首先从宽展理论上分析, 平辊轧制时轧件的宽展主要由滑动宽展 Δb_1 、翻平宽展 Δb_2 和鼓形宽展 Δb_3 共 3 个部分组成^[5], 如图 4 所示。

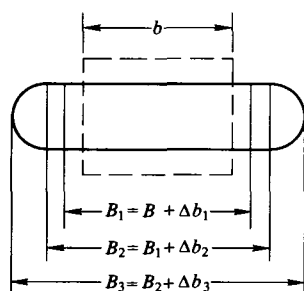


图 4 无孔型轧制宽展的构成

滑动宽展是被变形金属在轧辊的接触面上, 因产生相对滑动而使轧件增加的量, 以 Δb_1 表示。翻平宽展是因接触摩擦力而使轧件侧面金属在变形过程中翻转至接触表面, 使轧件宽度增加, 增加部分以 Δb_2 表示。鼓形宽展是轧件侧面变成鼓形造成的宽展量, 用 Δb_3 表示。显然轧件的总宽展量为: $\Delta b = \Delta b_1 + \Delta b_2 + \Delta b_3$ 。

无孔型轧制时由于翻平宽展的存在, 使轧件 4 个棱角的位置每道次都在变化。实践证明, 由于翻平宽展和鼓形宽展的作用, 经过平辊轧制的轧件, 角部由圆弧和直线构成圆边钝角。这种圆角可避免应力集中和产生裂纹。通过对不同钢种轧件的检测结果得出, 单鼓形轧件的 4 个角始终大于 130° , 双鼓形轧件的 4 个角始终大于 120° ,

相当于角部有半径大于 10mm 的圆角过渡。

生产中多次对 20MnSi、40CrMo、60Si2Mn 等钢种的粗轧试样和成品进行检验, 未发现因无孔型轧制而产生的裂纹, 与国外的研究相符^[1]。同时由试验得知, 无孔型轧制时轧件的表面层变化比椭圆-圆孔型轧制更为均匀, 表面层厚度分布均匀有利于减少表面裂纹的形成。此外, 无孔型轧制没有孔型侧壁的限制, 氧化铁皮脱落干净, 在提高钢材表面质量方面无孔型轧制优于孔型轧制。

3.5 轧机间距取得的突破

摩根公司和布兹波罗公司设计的紧凑式无孔型轧制轧机中心距为 1.22m^[6], POMINI 公司设计的无孔型轧制的轧机中心距为 1.5m。而本次试验的轧机中心距为 2.5~6.0m。打破了通常认为的无孔型轧制技术适合在紧凑式布置轧机上应用的局限。

4 结语

新疆八一钢铁股份公司小型材厂自 1999 年 4 月开始进行无孔型轧制试验并逐步转入生产以来, 共生产 $\Phi 10 \sim \Phi 32$ mm 带肋钢筋和圆钢 300 余万吨, 钢种有 20MnSi、Q235、45、60Si2Mn、20Ni2MoA、40CrMoA、60Si2CrA 等建筑和工业用钢, 产品质量均达到或超过国标要求。取得了较好效果, 其中轧辊使用寿命提高了 2~4 倍, 加热炉燃料消耗减少约 6%, 轧制能耗减少约 7%, 而且多规格产品可共用坯料, 大幅度提高了轧机作业率, 取得了显著的社会和经济效益。

参考文献:

- [1] Colin Roy, Alfred R. Leger, et. Morgan's Compact Mill-Design Parameters, Application and Operational Benefits [J]. Iron and Steel Engineer, 1982, (11): 149-150.
- [2] Tadaaki Yanazawa, Nobutsune Hiral, Teruaki Tanaka, et al. Development of grooveless rolling for a billet mill [J]. Iron and Steel Engineer, 1984, (8): 27-32.
- [3] 韦东滨, 程 鼎, 吴 迪, 等. 无孔型轧制轧件角部尖化变形的实验研究 [J]. 钢铁, 1999, 35 (1): 27-30.
- [4] Weber R D. Wire rod rolling on flat rolls [J]. WIRE INDUSTRY, 1975, (3): 200-203.
- [5] 黄守汉. 塑性变形与轧制原理 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1991. 172-200.
- [6] 冯贺滨. 唐钢引进的 C. C. C 轧机介绍 [J]. 轧钢, 1990, (3): 21-24.