

典型双高棒生产线的工艺及设备

兰 伟

中冶赛迪工程技术股份有限公司, 重庆 404100

[摘要]介绍了典型双高棒生产线的产品和主要工艺装备情况。双高棒生产线设计生产能力为140万t/a。车间主要生产Φ8mm~22mm的螺纹钢棒材,设计生产能力140万t/a,综合成材率98%,最高轧制速度为45m/s,主要钢种为普通热轧钢筋、细晶粒热轧钢筋等。该生产线采用的生产工艺和装备,成熟可靠,具有国内领先水平,采用了连铸-直接轧制技术/热送热装技术、预留无头焊接轧制技术、成熟且低成本轧制工艺路线、高精度尺寸控制/模块轧机技术、棒材倍尺智能控制技术/非定尺分抹控制技术。

[关键词]双高棒;短应力线轧机;模块轧机;高速上钢;工艺技术

DOI: 10.33142/ec.v5i8.6515

中图分类号: TF341.6

文献标识码: A

Process and Equipment of Typical Double High Bar Production Line

LAN Wei

MCC CISDI Engineering Co., Ltd., Chongqing, 404100, China

Abstract: The products and main process equipment of a typical double high bar production line are introduced. The design production capacity of the double high bar production line is 1.4 million t/a. Workshop main production Φ 8mm ~ 22mm deformed steel bars, with a design production capacity of 1.4 million t/a, a comprehensive yield of 98%, and a maximum rolling speed of 45m/s. The main steel types are ordinary hot-rolled steel bars, fine grain hot-rolled steel bars, etc. The production process and equipment adopted by the production line are mature and reliable, with the domestic leading level. It adopts continuous casting direct rolling technology / hot delivery and hot charging technology, reserved endless welding rolling technology, mature and low-cost rolling process route, high-precision dimension control / modular rolling mill technology, bar size intelligent control technology / non fixed size sorting control technology.

Keywords: double high rod; short stress line mill; modular mill; high speed steel feeding; process technology

1 概述

近年来,随着我国基建工程数量和规模的不断增大,每年的螺纹钢总需求量达到了2.8亿吨以上,其中小规格螺纹钢棒材(Φ22mm以下)的用量占比约为70%^[1]。在现代化的棒材生产线上,小规格的螺纹钢棒材多数采用多线切分工艺或者单高速棒材生产工艺来进行生产,前者提升了产量(六切分工艺可达220~250t/h),但是控冷精度不高,导致产品综合质量波动较大;后者能够保证产品精度高且性能稳定,但是单线生产产量相对较低,最多可达80万t/a^[2]。

双高棒生产工艺是彻底解决传统切分棒材工艺弊端的有效途径,同时还能达到高产量、高精度、高性能、低合金的生产目标^[3-4]。某大型钢铁厂新建一条双高棒生产线,车间主要生产Φ8mm~22mm的螺纹钢棒材,设计生产能力140万t/a,主要钢种为普通热轧钢筋、细晶粒热轧钢筋等。按钢种、规格分配的产品大纲见表1。生产所用原料为合格连铸钢坯,其尺寸规格及年需要量见表2。连铸坯尺寸、外形、重量及允许偏差等要求应符合YB/T2011—2014标准规定。

表1 产品大纲

序号	品 种	代表钢号	产品规格	计划年产量	比例	备注
			Φ, mm	t/a	%	
1	钢筋 混凝土用 钢	HRB400~HRB600、 HRB400E~HRB500E、 HRBF400~HRBF500、 HRBF400E~HRBF500E	8.0	50000	3.57	
			10.0	90000	6.43	
			12.0	420000	30.00	
			14.0	420000	30.00	
			16.0	200000	14.29	
			18.0	80000	5.71	
			20.0	70000	5.00	
合 计	t/a			1400000		
	%				100.0	

表2 原料规格

序号	坯料规格(mm)			密度	单重	需要量	备注	
	宽度	高度	长度	t/m ³	kg	t/a		
1	170	170	12000	7.75	2688	1428570	1) 连铸坯; 2) 标准坯长为12m, 具体坯长按工艺定 尺要求设定。	
合 计							1428570	

棒材生产工艺流程包括原料准备、加热、粗轧、中轧、预精轧、预水冷（闭环水冷）、精轧 I、精轧 II 及后水冷（闭环水冷）及精整等工序，整个生产工艺过程是连续的、全自动化的、信息化的^[5]。车间使用的原料全部为合格连铸坯，由厂内的炼钢连铸车间提供，热坯或冷坯均采用辊道或电动过跨平车直接送入本车间内。

直接轧制（设计并预留）：满足免加热直轧技术温度 $\geq 920^{\circ}\text{C}$ 的钢坯，通过直轧辊道及炉内出炉辊道、炉后辊道等快速输送至轧机进行轧制。

热装轧制：温度不满足直轧技术温度要求的钢坯，由热送辊道输送进加热炉进行加热后出炉轧制。

冷装轧制：在连铸下线的冷坯，通过电动平车送入轧钢原料跨堆放。根据生产指令，成排钢坯由吊车吊运至上料台架上，机器人炉号识别后（根据要求自动编批），经入炉辊道测长（或翻钢）送入加热炉均匀布料加热。钢坯在加热炉内加热至所需温度（ $950\sim 1050^{\circ}\text{C}$ ）后，由炉内出炉辊道逐根送出炉。

满足温度条件的钢坯经炉后辊道输送，在经高压水除鳞装置进行除鳞、由称重装置称重后送入轧线轧制。轧机前设置卧式卡断剪并预留无头焊机位置。当轧线出现故障而钢坯已出炉或出炉为不合格热坯时，出炉钢坯可经炉后废坯剔除装置剔除轧线。回炉钢可通过平车返回再加热。

轧机由 6 架粗轧、4 架中轧、6 架预精轧、 2×4 架单传悬臂精轧 I、 2×4 架模块精轧 II 共 32 架轧机组成。为保证生产顺行， $\Phi 10\sim \Phi 22$ 规格轧件进精轧机组由单一孔型实现，规格变化通过精轧机 I 和精轧机组 II 料型调整实现。为保证切分料型符合要求，在轧件进入预精轧机组和精轧机组 I 前分别设置在线测径仪，对料型进行监控，同时为便于生产过程调整线差，在预切分和切分进口导卫设置远程调整功能。轧件在粗轧、中轧、预精轧、精轧机组 I 和精轧机组 II 进行轧制，轧成 $\Phi 8\text{mm}\sim \Phi 22\text{mm}$ 的直条棒材。根据轧制规格不同，轧制道次和使用机架数也不同。为使轧制顺利进行，减少事故和事故处理时间，在 6V 后、10V 后、精轧 I、II 前均设有切头/尾、切废飞剪，在精轧机组 II 后设有高速碎断剪、高速倍尺飞剪，正常情况下将轧件剪切成适应冷床长度的倍尺长度上冷床，在冷床及高速上钢系统出现故障时进行碎断。

为使产品获得良好的金相组织和机械性能，在预精轧机组后、精轧机组 I 后、精轧机组 II 后均设有闭环控温水冷装置，为无钒低锰生产高强度钢筋提供有利条件。

轧件经过恢复段导槽、在线截面仪（在线监测轧件截面尺寸和米重及表面质量）、速度仪（预留，准确测量轧件速度，控制倍尺精度、级联夹尾器制动控制轧件冷床上的线差）至高速倍尺剪。

轧件经高速飞剪切成倍尺后，经高速上钢系统（夹尾制动及转鼓系统）送入步进齿条式冷床冷却，轧件上冷床以单支单槽或双支单槽可选模式实现轧件温度控制，轧件

进入冷床温度约 860°C ，出冷床温度 $\leq 300^{\circ}\text{C}$ 。冷却后的倍尺轧件逐根在编组链上编组成排，然后由平移小车逐排送入冷床出口辊道上。冷床对齐辊道处设置大小挡板，用于切除不规则尾料段。

在冷床输出辊道上的成排（不重叠）轧件，由辊道送至冷剪处，将成排轧件剪切成成品定尺长度（mm 晋级）。分段后的定尺钢材由剪后运输辊道输送至过跨检查台架前，在挡板处对齐后停止，然后快速移钢装置将成排钢材由辊道移送至过跨检查台架上。过跨检查台架上的定尺钢材经拍齐挡板再次拍齐后由链运送，同时在台架上完成钢材的人工检查、自动计数（光电式实现准确定支）和定尺材收集等操作，最后定尺材在过跨台架尾端放入口辊道上。

位于台架出口辊道上的散捆材被接料装置送往打捆段辊道区，经成形器束捆后由全自动打捆机打捆，成捆棒材由辊道输送至成捆材收集台架入口处，再由升降运输链升起将棒材捆移到成品收集台架上，经自动称重、机器人智能打标签和挂牌后由成品跨吊车吊运至成品指定存放区域堆放，等待发货。

非定尺材在短尺材输送辊道处利用高低辊道的跌落与反向分离技术进行分离，分离后的短尺材进入短尺收集系统，通过 100t 冷剪实现取样和二次定尺剪切并收集，最后经人工打捆后，吊运至指定区域进行临时堆放。择机吊运到成品台架处进行自动称重、机器人智能打标签和挂牌。

棒材车间生产工艺流程图见图 1。

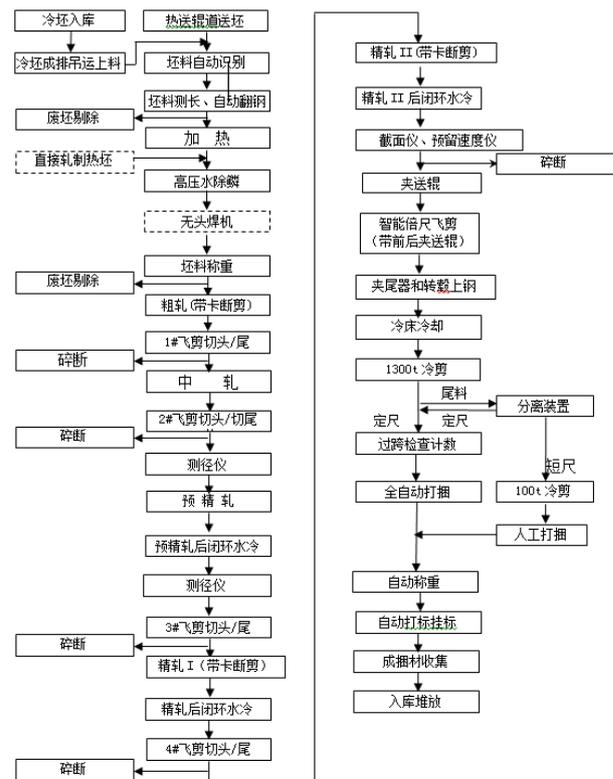


图 1 生产工艺流程图

2 主要工艺设备

车间由原料跨、加热炉跨、主轧跨、成品跨、轧辊间、设备维修跨等跨间组成，主轧线设备布置在标高+0.0m的地坪上。车间设备总重量3900t，其中，工艺设备3990t，电气设备总功率41000kW（不含车间照明及公辅），其中主传动电机功率36700kW。

2.1 加热炉区主要设备

加热炉区设备包括：热送辊道、冷坯上料台架、入炉辊道、钢坯剔除架、出炉辊道、直轧辊道等，负责钢坯的输送和加热。轧钢采用直接轧制、热装轧制及冷装轧制工艺，以直轧为主。由于冷坯热坯上线、部分高强钢种不适合直轧、市场好产量效益更好时须放大二棒材产量等情况下均需要加热炉。

加热炉规格参数如下：

装出料辊道中心距：35000mm

加热炉有效长：35000mm

加热炉砌体长度：36550mm

加热炉内宽：12700mm

加热炉砌体宽度：137000mm

加热炉下部炉膛高度：2300mm

加热炉装出料辊道面标高：+710mm

2.2 粗轧区设备

粗轧区域配置 650 短应力线二辊水平轧机，共计 6 架（分 1H、2V、3H、4V、5H、6V）；粗轧机组后设置 1# 飞剪，用于切头、切尾、碎断；切掉轧件头、尾部，利于轧件进入和在中轧机组间轧制，事故时用以切废。

轧机主要参数：

轧辊规格：Φ710/610×800mm，

轧辊辊径：Φ320

轧辊轴承：四列圆柱滚子轴承和双向推力圆锥滚子轴承

轧辊平衡：拉杆内置成组碟簧

辊缝调节：液压马达驱动，可单侧调整

上辊轴向调整：手动

轴向调整范围：±5mm

升降（横移）范围：±350mm

伸缩量：~800mm

双向疲劳扭矩（kN*m）：500

公称扭矩（kN*m）：1000

节点倾角：15°

动平衡：G6.3

2.3 中轧区设备

中轧区域配置 450 短应力线二辊水平轧机，共计 4 架（分 7H、8V、9H、10V）；中轧机组后设置 2 台 2# 飞剪，两台都具备切头、切尾、碎断；切掉轧件头、尾部，利于轧件进入和在中轧机组间轧制，事故时用以切废。

轧机主要参数：

轧辊规格：~Φ500/410×700mm

轧辊辊径：Φ230

轧辊轴承：四列圆柱滚子轴承和双向推力圆锥滚子轴承

轧辊平衡：拉杆内置成组碟簧

辊缝调节：液压马达驱动，可单侧调整

上辊轴向调整：手动

轴向调整范围：±3mm

伸缩量：~700mm；

双向疲劳扭矩（kN*m）：110

公称扭矩（kN*m）：225

节点倾角：15°

动平衡：G3.2

设计保证使用寿命：≦400 万吨

2.4 预精轧区设备

预精轧区配置 380 短应力线二辊水平轧机，合计 6 架（分 11H、12V、13H、14H、15H、16H）；预精轧机组后设置 2 台 3# 飞剪，两台都具备切头、切尾、碎断的功能。

轧机主要参数：

轧辊规格：~Φ420/340×700mm

轧辊辊径：Φ200

轧辊轴承：四列圆柱滚子轴承和双向推力圆锥滚子轴承

轧辊平衡：拉杆内置成组碟簧

辊缝调节：液压马达驱动，可单侧调整

上辊轴向调整：手动

轴向调整范围：±3mm

升降范围：±280

伸缩量：~700mm；

双向疲劳扭矩（kN*m）：58

公称扭矩（kN*m）：120

节点倾角：15°

动平衡：G1.6

设计保证使用寿命：≦400 万吨

2.5 精轧区设备

精轧机组分为精轧 A 通道和精轧 B 通道，每个通道设置有精轧 I 机组和精轧 II 机组。每个通道的设备配置相同，主要含精轧 I 机组前卡断剪、精轧机组 I、精轧机组 I 间立活套、精轧 I 后水箱、水箱前后送辊、精轧机组 I 后恢复段、4# 剪前夹送辊、4# 飞剪、侧活套、精轧 II 前卡断剪、精轧机组 II、精轧 II 后水箱、精轧机组 II 后夹送辊、精轧机组 II 后恢复段等设备。

精轧机组 I 主要参数：

数量：2*4 套（其中分 17H、18V、19H、20V，分 A、B 线布置）

轧机形式：悬臂式轧机；

布置方式：平立交替

轧制能力：≥40t

轧机规格: $\phi 285$
轧件速度: Max22m/s
辊环材质: 高速钢;
设备组成: 传动箱、辊箱、初级减速机(根据需要)
润滑方式: 稀油强制润滑, 油膜轴承油
进水控制: 辊箱带气密封, 不允许轧制过程中进水。

含水控制指标考核方式为: 7 天连续运行无排水情况下, 油箱中含水量不高于 0.5%;

传动减速机制造精度: 5 级

传动电机: 每个轧机配备一台交流变频电机, 电机后置;

控制方式: 手动/自动本地/远程;

驱动方式: 交流变频控制

轧机滚动轴承设计保证寿命: ≤ 5 万小时

精轧机组 II 主要参数:

数量: 2 套(每套 4 架, (2+2) 模块化轧机布置);

模块化轧机形式: 悬臂辊环式轧机; 变速箱每个轴承位配振动传感器、温度传感器、变速箱回油配金属颗粒物检测器, 变速箱入口配过数流量计、数显压力表, 数据远传进入到状态监测系统。

布置方式: 顶交 45° , 2 组模块化轧机;

轧制力: $\leq 35t$

轧机机型: $\phi 250$

辊环材质: 碳化钨;

传动电机: 每个模块配备一台交流变频电机, 电机后置;

控制方式: 手动/自动本地/远程;

驱动方式: 变频控制;

辊环尺寸: $\phi 247/222$

轧辊宽度: 70/90mm

2.6 高速上钢区设备

高速上钢区设备含高速倍尺飞剪、高速倍尺飞剪前/后夹送辊、夹尾器、高速上钢系统, 其中高速上钢为转鼓结构, 由驱动电机、抛钢装置、支架等组成。2*2 套抛钢装置通过固定支架悬挂于冷床之上, 通过电机分别驱动、实现抛钢的动作。转鼓落料腹板按滑下设计, 减小落料高度。

主要参数:

数量: 共 2*2 套(每路高速上钢线各 2 套)

转鼓长度: 126m

转动速度: $\sim 64.5r/min$

电机功率: ~ 9.7 kW (8 台, 初定)

2.7 冷床区设备

为了将轧件逐渐冷却并送到输出装置, 该生产线采用步进齿条式冷床, 由矫直板, 固定齿条装配, 动齿条装配, 冷床主传动、齐头辊道、端部定位挡板、抬头和切头装置

等。矫直板的每个齿槽较宽, 即每块矫直板的齿槽未断开, 使高温轧件缓慢均匀冷却, 同时得到自然矫直。动静齿间隔设计要求保证成品每米弯曲度 $\leq 1mm$ 。

冷床主要参数:

冷床规格: $\sim 126m \times 15$ m

齿数: 约 190 个

齿距: 65mm

齿厚: $\geq 18mm$

动齿板间距: 300 mm

静齿板间距: 300mm

冷床电机: AC160kW(2 台)

2.8 精整区设备

精整区设备包括 1300 吨冷剪及相应辅助设备、1#过跨检查台架、1#打捆机组、1#成捆材收集台架、2#过跨检查台架、2#打捆机组、2#成捆材收集台架。

冷剪的主要参数如下:

型式: 上切式

剪切力: Max 1300t

剪刀宽度: 2150mm

开口度: 145mm

实际剪切: 15 次/min(空载)

剪切温度: $\leq 300^\circ C$

电机: AC160 kW 变频调速

刀片快换: 液压驱动换刀座;

刀片固定: 碟簧锁紧、液压打开;

3 结语

该钢厂于 2020 年对原有型钢轧钢厂基础上进行改建, 核心设备由中冶赛迪集团设计及制造, 2021 年已建成具有当今世界先进水平的双高棒生产线, 助力该公司打造“专业化、高效化、低成本”打造“三双”产线的目标。

[参考文献]

- [1] 吴杰, 宋端阳. 高速棒材生产线工艺及设备的应用[J]. 山西冶金, 2021, 44(3): 207-209.
- [2] 郝利强. 高速棒材生产线工艺及设备概述[J]. 山东冶金, 2021, 43(3): 25-27.
- [3] 何滨. 高速棒材生产线设计[J]. 山西冶金, 2021, 44(3): 158-161.
- [4] 王超, 吕启春. 双高棒生产工艺的技术研究与应用探讨[J]. 现代冶金, 2021, 49(2): 37-40.
- [5] 王健. 浅析螺纹钢生产工艺技术及发展趋势[J]. 河南冶金, 2020, 28(2): 31-34.

作者简介: 兰伟(1985-), 男, 中冶赛迪工程技术股份有限公司工程师、总设计师、项目经理。