

· 技术讨论 ·

4 300 mm 宽厚板厂工艺设计与分析

王丙丽 王 烈 周 宇
(北京首钢国际工程技术有限公司)

摘 要 概要介绍首钢秦板4 300 mm宽厚板车间的生产工艺和先进技术,同时对4 300 mm宽厚板车间方案设计时遇到的一些工艺问题予以简要说明。

关键词 宽厚板厂 工艺 设计

Process Design and Analysis of 4 300 mm Plate Mill

Wang Bingli, Wang Lie and Zhou Yu
(Shougang Design Institute Beijing China)

Abstract The paper briefly introduces the production process and advanced technology of 4 300 mm plate mill of Shougang Qinhuangdao, gives general description of some technological problems encountered during the 4 300 mm plate mill design.

Keywords Plate mill, Process, Design

0 前言

“十·五”期间首钢石景山厂区以“升级、转移、压产、环保”为目标进行结构调整,为了实现首钢“一业多地”和秦皇岛板材公司的持续发展,在秦皇岛新建了一套4 300 mm宽厚板轧机。轧线主体设备由德国西马克(SMS)及西门子(Siemens)公司提供,热处理线由德国洛伊(LOI)公司提供,一期年生产各类中厚钢板120万t,二期最终生产规模为180万t/年。

1 工艺设备简介

1.1 产品规格

钢板厚度5~100 mm,钢板宽度1 500~4 100 mm,钢板长度3 000~18 000 mm。

1.2 产品交货状态

产品交货状态分为控轧控冷交货、热处理交货和普通热轧交货。一期控轧控冷交货量占总产量的60%,二期占70%,热处理交货产品35万t。

1.3 原料全部采用连铸坯,连铸坯规格厚度150~320 mm,宽度1 200~2 400 mm,长度2 500

~4 100 mm。

1.4 工艺流程

宽厚板厂工艺流程如图1所示。

1.5 设备组成

一期轧线主体设备包括步进式加热炉一座、4 300 mm四辊精轧机一架、ACC快速冷却装置一套、四重式液压热矫直机一台、冷床三座、翻板检查台架一座、在线超声波探伤装置一套、滚切式双边剪一台、滚切式定尺剪一台和成品收集装置等。

一期热处理线设备包括抛丸机一套、翻板机一台、辊底式无氧化辐射管常化炉一座、辊底式无氧化辐射管淬火炉一座、辊式连续淬火机一套、十一辊矫直机一台、步进式冷床一座和标号机等。

二期预留设备有加热炉一座、粗轧机及配套立辊轧机一套、在线淬火、剖分剪、第二条剪切线及成品下料装置、冷矫机、平整机和涂漆线等。

1.6 主体设备性能参数见表1~表7。

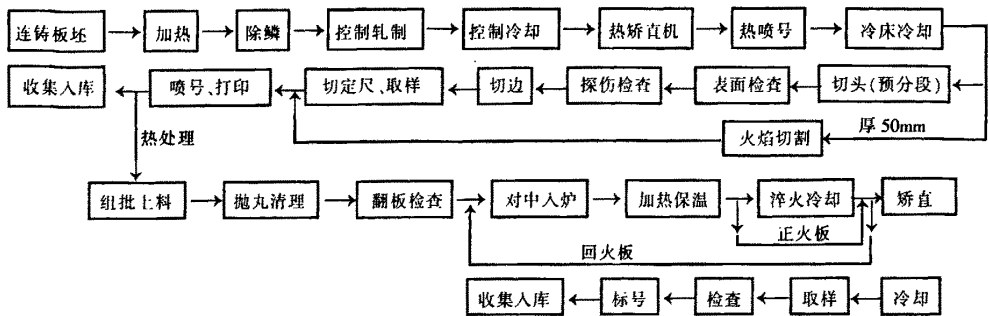


图 1 工艺流程图

表 1 四辊可逆式精轧机参数

工艺指标	参数
工作辊规格/mm	Φ1 120/Φ1 020 ×4 600
支承辊规格/mm	Φ2 200/Φ2 000 ×4 300
最大轧制压力/kN	采用工作辊弯辊为 89 000 采用工作辊平衡为 92 000
工作辊弯辊力/kN	Max. 2 ×4 000
轧机刚度模数/(kN · mm ⁻¹)	8 500
最大开口度/mm	320(新辊)
轧制速度/(m · s ⁻¹)	7.04(最大辊径)
主传电动机功率/kW	AC 2 ×8 000
主传电动机转速/(r · min ⁻¹)	0 ~ ±50 /120

表 2 上、下集管层流冷却式加速冷却(ACC)装置参数

工艺指标	参数
冷却系统长度/m	24(预留快冷 DQ)
冷却集管数/个	上集管 15(双型);下集管 30
水压/MPa	层流水压 0.08 侧吹水压 1.2
钢板速度/(m · s ⁻¹)	Max. 2.5
最大流量/(m ³ · h ⁻¹)	11 000
最大温降/(K · s ⁻¹)	约 55(从 800 ℃到 500 ℃)

表 3 全液压调节可逆式热矫直机参数

工艺指标	参数
钢板规格/mm	5 ~60(100) ×1 500 ~4 200 × Max. 42 000
钢板屈服强度/(N · mm ⁻²)	Max. 800
矫直温度/℃	Max. 450 ~950
冷矫屈服强度/(N · mm ⁻²)	Max. 650
最大矫直力/kN	34 000
最大开口度/mm	260
矫直辊/根	11 根(上 5 根、下 6 根)尺寸为 Φ285 ×4 300 mm
支承辊/根	上、下各 30 根尺寸为 Φ290 × 400/1130 mm
矫直速度/(m · s ⁻¹)	0 ~2.5
主传电动机功率/kW	AC 2 ×0 ~700
主传电动机转速/(r · min ⁻¹)	0 ~600/1 500

表 4 滚切式双边剪参数

工艺指标	参数
钢板规格/mm	5 ~50 ×1 500 ~4 200 ×6 500 ~42 000
钢板抗拉强度限/(N · mm ⁻²)	1 200(钢板厚度 40 mm) 750(钢板厚度 50 mm)
切边/切头尾宽度/mm	20 ~150
最大剪切力/kN	6 500
剪刀开口度/mm	Max. 100
剪切角度	约 5.5°(钢板厚度 40 mm)
剪刀间隙/mm	0.5 ~4.5
剪刀重叠量/mm	约 4
剪切次数/(次 · min ⁻¹)	16 ~32
主传电动机功率/kW	AC 4 ×380
主传电动机转速/(r · min ⁻¹)	0 ~1 050
剪刀更换时间/min	Max. 30

表 5 滚切式定尺剪参数

工艺指标	参数
钢板规格/mm	5 ~50 ×1 500 ~4 200 × 2 000 ~18 000
钢板抗拉强度限/(N · mm ⁻²)	1 200(钢板厚度 40 mm) 750(钢板厚度 50 mm)
切边/切头尾宽度/mm	Max. 400
最大剪切力/kN	14 000
剪刀开口度/mm	Max. 200
剪切角度	约 2°(钢板厚度 40 mm)
剪刀间隙/mm	0.5 ~7
剪刀重叠量/mm	约 5 ~6
剪切次数/(次 · min ⁻¹)	24(连续工作制) 18(启停工作制)
主传电动机功率/kW	AC 2 ×700
主传电动机转速/(r · min ⁻¹)	0 ~1 000
剪刀更换时间/min	Max. 30

表 6 热处理炉参数

工艺指标	参数
常化炉主要尺寸/mm	总长 91 640,有效长度 88 160, 内宽 3 300,内高 3 025,
淬火炉主要尺寸/mm	总长 58 580,有效长度 55 100, 内宽 4 500 mm,内高 3 025,
运输方法	辊道,单传
移动速度/(m · min ⁻¹)	0.3 ~ 20
烧嘴类型	自身预热辐射管式烧嘴
排烟方式	强制排烟
出炉温度/℃	正火、淬火 920 - 970, 回火 650 - 800
加热速度/(min · mm ⁻¹)	正火、淬火为 1.4 ;回火 800 ℃ 为 1.9;回火 650 ℃为 2.4

表 7 淬火机参数

工艺指标	参数
总长度/mm	26 240
产量/(t · h ⁻¹)	max. 40
辊子数量/个	顶部 63;底部 64
辊长/mm	4 500
辊间距/mm	381
辊速/(m · min ⁻¹)	1 ~ 90
高压段耗水量/(m ³ · min ⁻¹)	80
压力/bar	8
低压段耗水量/(m ³ · min ⁻¹)	145
压力/bar	4

1.7 采用的先进工艺装备技术

高性能强力四辊精轧机,同时装备有高性能的液压 AGC 压下系统和液压弯辊装置;精轧机轧制采用形状控制轧制(ASC)。预留 CVC + 技术,用于凸度和板型控制。采用热机轧制和控制轧控冷技术,预留直接淬火(DQ)。矫直采用全液压十一辊四重式矫直机。钢板冷却采用滚盘式和步进式冷床。高效剪切线,滚切式切头分段剪、联合式滚切切边及剖分剪切机组和滚切式定尺剪,保证剪切效率及质量。精轧主电机采用隐极式同步电动机,传动系统采用全数字大功率交交变频调速系统,辅传动全线采用带公共直流母线的变频调速。热处理线采用辊底式无氧化常化炉和无压辊式连续淬火机。自动化一级控制系统采用西门子高端产品 TDC,自动化二级系统数学模型采用物理模

型加神经网络自适应。

2 方案设计

2.1 产品市场定位

中厚板是国民经济发展的重要钢铁材料,应用十分广泛,特别是在国民经济高速发展阶段。目前我国中厚板生产有以下几个特点:一是中厚板轧机装备水平偏低,轧机规格偏小,热处理能力不足;二是中厚板需求与生产能力基本平衡;三是宽厚规格的产品、高附加值产品还有很大的市场空间。

从目前中厚板生产来看,普碳板生产对工艺、设备要求较低,国内现有轧机完全可以满足需求,市场趋于饱和;各类高性能的专用钢板对生产工艺、设备要求高,国内现有轧机难以满足生产要求,造成高性能的专用钢板市场紧缺。综合考虑市场因素,确定首秦新建宽厚板轧机以高端专用钢板为主要生产目标,具有很好的市场前景和发展空间。

2.2 产量规模

首秦金属材料公司设计规模为 250 万 t 板坯,考虑首秦板材公司 3 300 mm 轧机年产量约为 60 万 t,需要板坯 67 万 t;新建 4 300 mm 宽厚板轧机生产规模确定为 180 万 t/年,需要板坯量为 197 万 t。

2.3 轧机规格

轧机规格直接关系到市场需求、产品规格、产量规模、技术装备水平、综合投资等,另外产品规格又与前道工序炼钢、连铸等密切相关。轧机规格大,生产产品规格范围就大,相应产量高,投资大。

综合考虑,确定采用 4 300 mm 双机架轧机,与首钢已有的两套轧机形成系列,可以满足不同用户需求,首秦炼钢更加配套,综合投资相对可以接受,可以满足市场绝大部分要求,市场覆盖面超过 95%。

2.4 车间整体装备水平

宽厚板车间装备水平与综合投资、未来产品市场竞争力等密切相关。综合考虑,确定首秦宽

厚板厂采用当前先进、实用的技术,对于具有很好前景,但当前还存在技术问题的工艺、设备预留出今后可以实施的可能,车间整体装备水平处于当前国际先进水平。

3 工艺设计具体问题

3.1 产品规格

宽厚板车间生产产品极限厚度取决于原料情况和生产线装备水平。首秦 4 300 mm 轧机在不采用钢锭的前提下,最大产品厚度为 100 mm;最薄规格同样取决于坯料和车间配置,产品规格越薄,要求的坯料厚度越小,还要考虑车间辊道、主轧机速度、轧辊直径等的选择,一般宽厚板厂把产品厚度最小定为 6 mm 左右。从市场需求来看,厚度 6 mm 以下、宽度在 2 000 mm 以上的薄板有一定的市场,而这一规格的产品现有中板轧机很难生产。考虑到这种情况,首秦宽厚板车间设计将最薄产品规格定为 5 mm。

4 300 mm 精轧机配备了工作辊窜辊和 CVC + 技术,因此毛板最大宽度可达 4 200 mm,成品钢板宽度可达 4 100 mm。

考虑到车间长度、设备间距、冷床宽度和厂房跨度等综合因素,轧制钢板最大长度为 42 m,成品钢板最大长度为 28 m。

3.2 工艺平面布置

宽厚板的生产特点是产品品种多、规格范围大、工艺流程长、钢板处理多样化等。

首秦 4 300 mm 车间可用的总图长度仅为 700 m,另外车间从北向南呈逐渐降低的地势,这为工艺平面的布置带来了困难。在平面设计中,为确保轧线长度,采用精整、剪切线折返的方式完成工艺布置,最终在 700 m 长的厂房内布置了 1 300 m 长的生产线。

另外根据整体地势北高南低的状况,采取逐步降低标高的方式,减少土方施工量。轧钢车间主轧区地坪比原料跨地坪降低 2 700 mm,在保证主体设备同一标高的前提下,后部成品运输区域地坪降低 1 100 mm、火车运输区域采用“站台式”处理。

由于在主轧跨两侧分别布置了主电室和轧辊间,无论是主电室还是轧辊间都要求厂房封闭保温,这种布置方式造成主轧跨区域通风不畅。而此区域是宽厚板车间轧件热量散失和产生粉尘的主要区域之一。最后方案通过在主轧跨与主电室之间设置一个 9 m 通风夹道解决了主轧跨的通风和采光问题,改善了车间环境。

3.3 主体设备选型

主体设备型式必须满足生产高质量产品的工艺要求,并保证运行稳定,减少生产过程中的故障时间;同时结构尽量简单,维护少,综合造价低。

3.3.1 加热炉

中厚板车间连续加热炉型式主要有推钢式和步进式两种。

步进式加热炉加热板坯质量好、烧损低、耐材损失少;加热灵活,适合不同钢种的加热,可以满足中厚板小批量、多品种的轧钢要求;炉长不受限制,单炉小时产量可以达到很高的水平,满足轧机高产量要求。但是坯料长度不能过短,炉底步进机构较为复杂,维修较难,热耗较大,综合造价较高。

推钢式加热炉经过不断改良,板坯加热质量不断提高。尽管产量限制,但由于它的结构简单,投资很少,特别是对于生产中小规格的中厚板车间仍是首选。为避免划伤板坯,多采用出钢机出钢方式。

综合考虑这两种加热炉特点,决定采用步进式加热炉。满足生产高质量产品,提高产量,减少炉子数量,满足工艺布置要求。

3.3.2 轧机

轧机采用单机架或双机架,取决于产量、投资、产品消耗及单位产品生产成本。

双机架车间产量至少是单机架的 1.5 倍,吨钢产品综合投资也要低于单机架车间;另外双机架生产,产品在不同的轧机上完成,减少换辊次数,降低辊耗,有利于生产高质量产品;但双机架一次投资较高。综合考虑,首秦 4 300 mm 宽厚板车间采用双机架基础一次施工完成,预留粗轧机设备的设计方案。

在精轧机上设置了工作辊弯辊和工作辊窜辊装置,并预留了 CVC + 技术,在粗轧机机后预留了紧接式立辊轧机,提高对板型的控制。

3.3.3 剪切线

采用滚切式双边剪及滚切式定尺剪组成剪切线,并预留一条剪切线以满足二期生产要求。

目前常用的切边剪有圆盘剪和滚切剪两种。圆盘剪剪切效率高、剪切质量好、造价低,但剪切钢板厚度受到限制,最大厚度一般不大于 30 mm;滚切剪剪切效率高、剪切质量好、最大剪切钢板厚度可达 50 mm,但结构复杂、造价高。

目前常用的定尺剪有滚切式和侧刀式两种,前者剪切质量高,结构复杂,后者容易出现剪切缺陷。考虑首秦产品质量的高要求,采用滚切剪是必然的选择。

确定剪切线的生产能力主要取决于设备性能、操作间歇时间和设备作业率。一条剪切线提高生产能力的关键就是减少间歇时间。在近年新建的中板厂,剪切线配备板形仪测量出钢板的平面板型尺寸、镰刀弯大小、头尾与两侧余量,通过工业计算机网络传输给自动划线机,标记出分段线以及切头尾、试样和定尺线,然后剪机剪切。一条由板型仪、划线机、切头分段剪、双边剪、定尺剪及标号机组成的自动化剪切线,基本能够满足车间 180 万 t 的年生产能力。

3.3.4 常化热处理炉

中厚板连续热处理炉按运送方式主要分为步进式和辊底式;按加热方式主要分为明火加热和辐射管加热。

步进式热处理炉主要优点是没有辊印和划伤,特别对特厚板处理有一定优势,但钢板最大输送速度受到限制,无法与淬火机配套,只能用于钢板正火、回火处理。

辊底式热处理炉主要优点是机械化和自动化

程度高,控制灵活精确。炉底辊均为单电机变频驱动,速度可调,能够与淬火机配套,对钢板进行正火、回火及调质处理。但对于特厚钢板,需要增加辊壁和驱动电机。同时,辊道易结瘤,产生辊印,影响钢板表面质量。

目前国内热处理常化炉主要采用双步进梁式明火热处理炉和辊底式辐射管无氧化热处理炉。典型供货商分别是凤凰炉窑公司和德国 LOI 热工公司。

与明火加热相比,辐射管加热在保护气氛下温度更均匀,钢板质量更好,性能更稳定。但由于加热功率限制,烧嘴数量较多,工程投资和设备维护量较大。

4 结语

在首秦 4 300 mm 宽厚板工程设计中,严格贯彻工艺先进、布置合理、技术装备实用、产品质量和各项技术经济指标达到国内外先进水平的原则,荣获了 2007 冶金行业优秀设计一等奖。

目前,首秦 4 300 mm 宽厚板工程一期轧线和热处理生产线已经顺利投产,工艺合理,运行良好,取得了巨大的经济效益。二期增加粗轧机和剪切线的工作也已进入合同执行阶段。

参考文献

- 1 陈瑛. 中厚板发展与技术装备进步的分析[J]. 冶金管理. 2005, (8): 46-50.
- 2 张景进. 中厚板生产[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005.
- 3 邵正伟. 国内中厚板热处理工艺与设备发展现状及展望[J]. 山东冶金. 2006, (3): 39-46.
- 4 孙浩. 我国中厚板生产技术改造和发展探讨[J]. 钢铁. 2005, (3): 52-55.
- 5 陈瑛. 浅谈中厚板车间的平面布置设计[J]. 宽厚板. 2007, (5): 1-6.

收稿日期: 2008-07-08