

· 高职高专“十二五”实验实训规划教材 ·



中厚板生产实训

ZHONGHOUBAN SHENGCHAN SHIXUN

主编 张景进 霍锋 高云飞



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”实验实训规划教材

中厚板生产实训

主编 张景进 霍 锋 高云飞
主审 杨振东

北 京
冶金工业出版社
2013

内 容 提 要

全书共分 10 章, 主要内容包括中厚板生产概述、中厚板轧机换辊预调、轧制生产工艺操作、厚度控制、控制轧制、控制冷却、板形控制、轧件矫直、轧件剪切、中厚板精整其他操作、热处理等。

本书主要用于材料工程技术(轧钢)专业和材料成型与控制技术专业实训教学使用, 对专业技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

中厚板生产实训/张景进, 霍锋, 高云飞主编. —北京:
冶金工业出版社, 2013. 4

高职高专“十二五”实验实训规划教材

ISBN 978-7-5024-5992-5

I. ①中… II. ①张… ②霍… ③高… III. ①中板
轧制—高等职业教育—教材 ②厚板轧制—高等职业教
育—教材 IV. ①TG335. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 077110 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

策划编辑 俞跃春 责任编辑 俞跃春 张 晶 美术编辑 李 新

版式设计 葛新霞 责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5992-5

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京百善印刷厂印刷

2013 年 4 月第 1 版, 2013 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 10 印张; 242 千字; 150 页

22.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言



本书是在企业专家深入参与的基础上，根据中厚板生产岗位群技能要求，确定中厚板生产的典型工作任务，再围绕典型工作任务组织教材内容的。目的是使学生通过完成工作任务的过程来学习相关知识，使学与做融为一体，实现理论与实践的结合，保证学生校内学习与实际工作的一致性。

本书主要面向中厚板生产车间，以中厚板生产的轧制、精整过程为对象，培养学生轧钢、精整岗位操作能力。

本书由河北工业职业技术学院张景进、山东星科智能科技有限公司霍锋、河北工业职业技术学院高云飞担任主编，参加编写的还有河北工业职业技术学院李秀敏、杨晓彩，河北钢铁集团邯钢公司张尚平、谢浩、张胜宏、崔跃，全书由河北钢铁集团邯钢公司杨振东主审。

本书在编写过程中，得到了河北钢铁集团邯钢公司、山东星科智能科技有限公司等单位的大力支持，在此表示衷心的感谢。在编写过程中参考了多种专业书籍、资料，在此对相关作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2013年1月

目 录

1 中厚板生产概述	1
1.1 中厚板的用途及分类	1
1.2 板带钢技术要求	1
1.3 新型中厚板车间的特点	2
1.4 某 3500mm 中厚板厂	3
1.4.1 生产规模及产品方案	3
1.4.2 生产工艺流程	3
1.5 宝钢 5m 宽厚板厂	7
1.5.1 概述	7
1.5.2 产品及原料	7
1.5.3 工艺布置	7
1.5.4 工艺技术及装备	8
复习思考题	11
2 中厚板轧机换辊预调	12
2.1 四辊轧机	12
2.1.1 概述	12
2.1.2 机架装置	15
2.1.3 轧机导卫	15
2.1.4 工作辊平衡和弯辊装置	18
2.1.5 轧线标高调整装置	18
2.1.6 支撑辊换辊轨道	19
2.1.7 换辊装置	21
2.2 立辊轧机	28
2.2.1 概述	28
2.2.2 立辊轧机的主要作用	29
2.2.3 立辊轧机的设备组成	29
2.2.4 轧辊更换	38
2.3 某车间换辊操作	38
2.3.1 换辊规定	38
2.3.2 轧辊准备与管理	39
2.3.3 轧辊安装与调整标准	39

2.3.4	换辊程序	39
2.3.5	轧辊使用要求	41
2.4	轧机预调整	42
2.4.1	轧前接班检查	42
2.4.2	某车间轧机调整	42
	复习思考题	44
3	轧制生产工艺操作	45
3.1	除鳞	45
3.2	轧制	46
3.2.1	粗轧	46
3.2.2	精轧	47
3.3	平面形状控制	47
3.3.1	中厚板轧制过程中的平面形状	47
3.3.2	MAS 轧制法	49
3.3.3	狗骨轧制法	50
3.3.4	差厚展宽轧制法	50
3.3.5	立辊法	50
3.3.6	咬边返回轧制法	51
3.3.7	留尾轧制法	51
3.4	异形钢板轧制	52
3.5	差厚(变截面)钢板的轧制	52
3.6	某中厚板厂工艺操作	54
3.6.1	压下操作	54
3.6.2	辊道与对中操作	55
3.6.3	卡量操作	55
3.6.4	高压水除鳞操作	55
3.6.5	人机界面操作	56
3.7	某中厚板粗轧机仿真实训系统操作	58
3.7.1	选择批次	58
3.7.2	粗轧监控主界面	58
3.7.3	规程输入界面	60
3.7.4	状态显示界面	61
3.7.5	操作流程说明	61
3.8	某中厚板精轧机仿真实训系统操作	62
3.8.1	操作监控界面功能介绍	62
3.8.2	规程输入界面功能介绍	64
3.8.3	状态显示界面功能介绍	64
3.8.4	操作说明	65

3.9 中板轧钢轧制工艺参数·····	67
复习思考题·····	69
4 厚度控制·····	71
4.1 概述·····	71
4.2 中厚板厚度自动控制系统的结构·····	71
4.3 中厚板轧机检测仪表·····	72
4.4 厚度自动控制的基本形式及其控制原理·····	73
4.4.1 用测厚仪测厚的反馈式厚度自动控制系统·····	73
4.4.2 厚度计式厚度自动控制系统·····	74
4.4.3 前馈式厚度自动控制系统·····	74
4.4.4 监控式厚度自动控制·····	75
4.4.5 头部厚度补偿·····	76
复习思考题·····	76
5 控制轧制、控制冷却·····	77
5.1 概述·····	77
5.2 控制轧制的种类·····	78
5.3 控制冷却的种类·····	79
5.4 分阶段轧制和多块钢轧制·····	80
复习思考题·····	83
6 板形控制·····	84
6.1 板形的基本概念·····	84
6.2 影响辊缝形状的因素·····	87
6.3 普通轧机板形控制方法·····	87
6.4 理论法制定压下规程·····	88
6.4.1 压下规程的制定原则·····	88
6.4.2 轧机负荷分配·····	88
复习思考题·····	91
7 轧件矫直·····	92
7.1 概述·····	92
7.2 辊式矫直机的结构·····	93
7.2.1 矫直机机架·····	93
7.2.2 辊缝调节系统·····	93
7.2.3 弯辊系统·····	96
7.2.4 矫直辊系统·····	97
7.2.5 矫直机的传动·····	98

7.2.6 矫直辊换辊系统	99
7.3 矫直原理	100
7.3.1 变形的概念	100
7.3.2 弹塑性弯曲的基本概念	101
7.3.3 辊式矫直机的矫直过程	102
7.4 矫直原理的实际应用	103
7.5 矫直机操作	104
7.5.1 交接班检查	104
7.5.2 压下零位调整	104
7.5.3 矫直机操作要点	105
7.5.4 矫直机压下量参考	105
7.5.5 异常现象的判断和处理	105
7.6 矫直的缺陷及防止	106
7.7 某矫直机仿真实训系统操作	106
复习思考题	107
8 轧件剪切	108
8.1 中厚板剪切机的基本类型和特点	108
8.2 轧件剪切过程分析	109
8.3 剪切机重合量、侧向间隙的确定	110
8.3.1 合理间隙值的确定	110
8.3.2 重合量的确定	112
8.4 剪切作业评价	112
8.4.1 剪切断面的各部分名称	112
8.4.2 剪切评价	113
8.5 火焰切割	114
8.6 剪切划线	114
8.7 某圆盘剪剪切线操作	115
8.7.1 热剪操作	115
8.7.2 圆盘剪、碎边剪操作	116
8.7.3 定尺剪操作	118
8.8 某左、右纵剪布置的中厚板剪切线仿真实训系统操作	120
8.8.1 1号纵剪操作画面操作	120
8.8.2 1号横剪操作画面操作	121
8.8.3 2号纵剪操作画面操作	121
8.8.4 2号横剪操作画面操作	123
复习思考题	123

9 中厚板精整其他操作	124
9.1 冷却	124
9.1.1 控制冷却	124
9.1.2 自然冷却	125
9.1.3 强制冷却	126
9.1.4 缓慢冷却	126
9.1.5 圆盘辊式冷床操作要点	127
9.1.6 冷却缺陷及防止	127
9.2 翻板、表面检查及修磨	128
9.2.1 概述	128
9.2.2 翻板机形式	128
9.2.3 翻板操作	129
9.2.4 砂轮机	130
9.2.5 砂轮的选择	131
9.2.6 修磨操作要点	131
9.3 喷丸清理和涂漆	131
9.3.1 喷丸设备	131
9.3.2 喷丸和涂漆	132
9.4 钢板标志	133
9.4.1 钢板标志的内容和目的	133
9.4.2 钢板标志的方式	133
9.5 分类、收集	133
9.5.1 钢板分类、收集的目的和任务	133
9.5.2 垛板的形式	133
9.5.3 垛板机操作	133
9.6 取样、检验	135
9.6.1 检验	135
9.6.2 批的概念	135
9.6.3 钢材力学及工艺性能取样	136
9.6.4 成品化学分析取样	136
复习思考题	137
10 热处理	138
10.1 热处理炉及其辅助设备	138
10.1.1 热处理炉的分类及比较	138
10.1.2 辊底式热处理炉	139
10.1.3 台车式热处理炉和外部机械化炉	144
10.2 淬火机	145

10.2.1 淬火处理	145
10.2.2 中厚板淬火机	145
10.2.3 辊式淬火机	147
复习思考题	149
参考文献	150



1 中厚板生产概述

1.1 中厚板的用途及分类

中厚钢板广泛用于大直径输送管、压力容器、锅炉、桥梁、海洋平台、各类舰艇、坦克装甲、车辆、建筑构件、机器结构等领域，其品种繁多，使用温度区域较广（ $-200 \sim 600^{\circ}\text{C}$ ），使用环境复杂（耐候性、耐蚀性等），使用要求高（强韧性、焊接性等）。

钢板是平板状、矩形的，可直接轧制或由宽钢带剪切而成，与钢带合称板带钢。板带钢按产品厚度一般可分为厚板和薄板两类。我国 GB/T 15574—1995 规定：厚度不大于 3mm 的称为薄板，厚度大于 3mm 的称为厚板。

按照习惯，中厚板按厚度还可以分为中板、厚板、特厚板。厚度为 4~20mm 的钢板称为中板，厚度介于 20~60mm 的钢板称为厚板，厚度大于 60mm 的钢板称为特厚板。有些地方习惯上把中板、厚板和特厚板统称为中厚钢板。

按国家标准 GB/T 709—2006 规定，钢板的尺寸范围为：钢板公称厚度 3~400mm；钢板公称宽度 600~4800mm；钢板公称长度 2000~20000mm。钢板的公称厚度在上述规定范围内，厚度小于 30mm 的钢板按 0.5mm 倍数的任何尺寸；厚度不小于 30mm 的钢板按 1mm 倍数的任何尺寸。钢板的公称宽度在上述规定范围内，按 10mm 或 50mm 倍数的任何尺寸。钢板的长度在上述规定范围内，按 50mm 或 100mm 倍数的任何尺寸。根据需方要求，经供需双方协议，可以供应推荐公称尺寸以外的其他尺寸的钢板。

1.2 板带钢技术要求

根据板带钢用途的不同，对其提出的技术要求也各不一样，但基于其相似的外形特点和使用条件，其技术要求仍有共同的方面，归纳起来就是“尺寸精确、板形好，表面光洁、性能高”。这两句话指出了板带钢主要技术要求的四个方面。

(1) 尺寸精度要求高。板带钢尺寸精度包括厚度、宽度、长度精度。一般规定宽度、长度只有正偏差。对板带钢尺寸精度影响最大的尺寸精度主要是厚度精度，因为它不仅影响到使用性能及后道工序，而且在生产中难度最大。此外厚度偏差对节约金属影响很大；板带钢由于 B/H 很大，厚度一般相对较小，厚度的微小变化势必引起其使用性能和金属消耗的巨大波动。故在板带钢生产中一般都应该保证轧制精度，力争按负偏差轧制。

(2) 板形要好。板带四边平直，无浪形瓢曲，才好使用。但是由于板带钢既宽且薄，对不均匀变形的敏感性又特别大，所以要保持良好的板形就很不容易。板带越薄，其不均匀变形的敏感性越大，保持良好板形的困难也就越大。显然，板形的不良来源于变形的不均，而变形的不均又往往导致厚度的不均，因此板形的好坏往往与厚度精确度也有着直接的关系。

对钢板的尺寸精度和板形的一般要求参见 GB/T 709 的规定。

(3) 表面质量要好。钢板的表面质量主要是指表面缺陷的类型与数量、表面平整和光洁程度。板带钢是单位体积的表面积最大的一种钢材,又多用作外围构件,钢板的表面质量直接影响到钢板的使用、性能和寿命,故必须保证表面的质量。

钢板表面缺陷的类型很多,其中常见的有表面裂纹、结疤、拉裂、折叠、重皮和氧化铁皮等。对于这些缺陷,国家标准 GB/T 14977 明确规定了热轧钢板表面缺陷的深度、影响面积、限度、修整的要求及钢板厚度的限度。对于某些特殊用途的钢板,另有专用标准加以规定。

(4) 性能要好。板带钢的性能要求主要包括机械性能、工艺性能和某些钢板的特殊物理或化学性能。一般结构钢板只要求具备较好的工艺性能,例如,冷弯和焊接性能等,而对机械性能的要求不很严格。对于重要用途的结构钢板,则要求有较好的综合性能,即除了要有良好的工艺性能、强度和塑性以外,还要求保证一定的化学成分,保证良好的焊接性能、常温或低温的冲击韧性,或一定的冲压性能、一定的晶粒组织及各向组织的均匀性等。

除了上述各种结构钢板以外,还有各种特殊用途的钢板,如高温合金板、不锈钢板、复合板等,它们或要求特殊的高温性能、低温性能、耐酸耐碱耐腐蚀性能,或要求一定的物理性能等。

1.3 新型中厚板车间的特点

当代新型中厚板车间的特点是:轧钢机的大型化、强固化,轧机的产量高、质量好、消耗低,向连续化、自动化方向发展,并不断取得技术进步。

(1) 除特厚或特殊要求小批量的产品,仍采用大扁钢锭、锻压坯或压铸坯外,一般均用连铸坯做原料。

(2) 采用计算机控制装出炉的多段步进式、推钢式加热炉进行坯料加热,通过延长炉体,改进砌筑结构,强化绝热及利用废气余热措施(特别是采用蓄热式加热炉),不仅提高了炉子的寿命,而且降低了能耗。

(3) 采用 15~20MPa 高压水除鳞箱和轧机前后除鳞装置,能有效地清除炉生和次生氧化铁皮,提高钢板表面质量。

(4) 采用高强度机架,以满足控制轧制和板形控制的要求。增强刚度、强固化轧机的措施:增大牌坊立柱断面,加大支撑辊直径,加大牌坊重量。为实现控制轧制要求,轧制力已由过去的 30~40MN 增至 80~105MN,新型宽厚板轧机支撑辊直径由过去的 1800~2000mm 加大到 2100~2400mm,牌坊立柱断面由 6000~8000cm² 增加到 10000cm²,每扇牌坊单重由 3.6MN 增加到 4.5MN,轧机刚度由 5~8MN/mm 增加到 10MN/mm,主电机功率最大为 2×10000kW,在品种上可以生产宽 5350mm、长 60m 的钢板。

(5) 为了提高钢板的精度和成材率,板形控制已成为中厚板轧机一项不可缺少的技术。广泛采用液压 AGC、弯辊装置,采用特殊轧机(如 VC 轧机、HC 轧机、PC 轧机等)、特殊轧制方法及计算机控制,实现了自动化板形动态控制。

(6) 提高轧制速度(最快可达 7.5m/s),以适应坯料增大后轧件加长,缩短轧制周期。宽厚板轧机的工作辊最大直径达到 1200mm,双机架的轧机,精轧机工作辊较粗轧机工作辊直径小些,有利于轧制薄规格。工作辊一般采用四列滚柱轴承,支撑辊则采用油膜

轴承。

(7) 快速自动换辊以缩短换辊时间,提高轧机作业率。更换工作辊采用侧移式双小车和管子自动拆卸机构,每次只要 6~10min。更换支撑辊采用小车式,并直接拖入轧辊间,减少了轧机跨吊车的操作,有利于轧机的正常工作。

(8) 交流化的主传动系统。随着电力电子技术、微电子技术的发展,现代控制理论特别是矢量控制技术以及近年来交流调速系统的数字化技术的应用,促进了交流调速系统的发展,目前交流调速的调速性能达到甚至优于直流调速。国外宽厚板轧机主传动电动机有一些由直流电动机改为交流同步电动机供电,新建的厚板轧机更是优先选用交流化的主传动系统。

(9) 控制轧制与快速冷却相配合,已能生产出调质热处理所要求的钢板。

(10) 采用步进式或圆盘式冷床,以减少钢板划伤,提高钢板表面质量。

(11) 切边以滚切式双边剪为主,头尾及分段横切采用滚切剪。双边剪每分钟剪切次数可达 32 次。定尺每分钟可达 24 次,以满足高产的要求。

(12) 在线超声波无损自动探伤,除了具有连续、轻便、成本低、穿透力强和对人体无害等优点外,还有以下优点:1) 再现钢板内部缺陷,能确定其准确位置;2) 可以发现其他方法不能探出的细小缺陷;3) 检验效率比 X 射线等方法高 5~7 倍;4) 磁力探伤只能检验磁化材料却不能探奥氏体不锈钢,而超声波则不受此限制。

(13) 计算机应用在宽厚板轧机上,既提高了产量又提高了质量。目前,测温、测压、测厚,测长,测板形、超声波探伤等自动化手段齐全,从板坯仓库开始,加热炉、轧机、矫直机、冷床、剪切线、辊道输送、吊车输送、标志、检查,以及收集堆垛,已全面实现了自动化,将整个车间操作情报系统、过程计算机、管理计算机以及所有的自动化设备有机地结合起来,使车间消耗和定员大大减少。

1.4 某 3500mm 中厚板厂

1.4.1 生产规模及产品方案

生产规模:一期 $80 \times 10^4 \text{t/a}$,二期 $130 \times 10^4 \text{t/a}$ 。

产品品种:本车间生产的钢种为碳素结构钢、优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、船板、管线板、厚度方向性能板、汽车大梁板、桥梁板、压力容器板、锅炉板等。

产品规格:钢板厚度 6~50(二期最厚达 80)mm,钢板宽度 1500~3200mm,钢板长度 6000~18000mm,钢板质量(最大) 11.85t。

连铸板坯规格:厚度 180mm、220mm、250mm,宽度 1400~1900mm(100mm 晋级),长度 1900~3200mm。

1.4.2 生产工艺流程

生产工艺流程如图 1-1 所示。

生产工艺流程具体描述如下。

(1) 板坯准备及加热。板坯加热采用热装或冷装加热工艺。炼钢厂连铸车间将合格的连铸板坯用辊道运至加热炉入炉辊道,在辊道上进行称重,用推钢机推入加热炉内进行

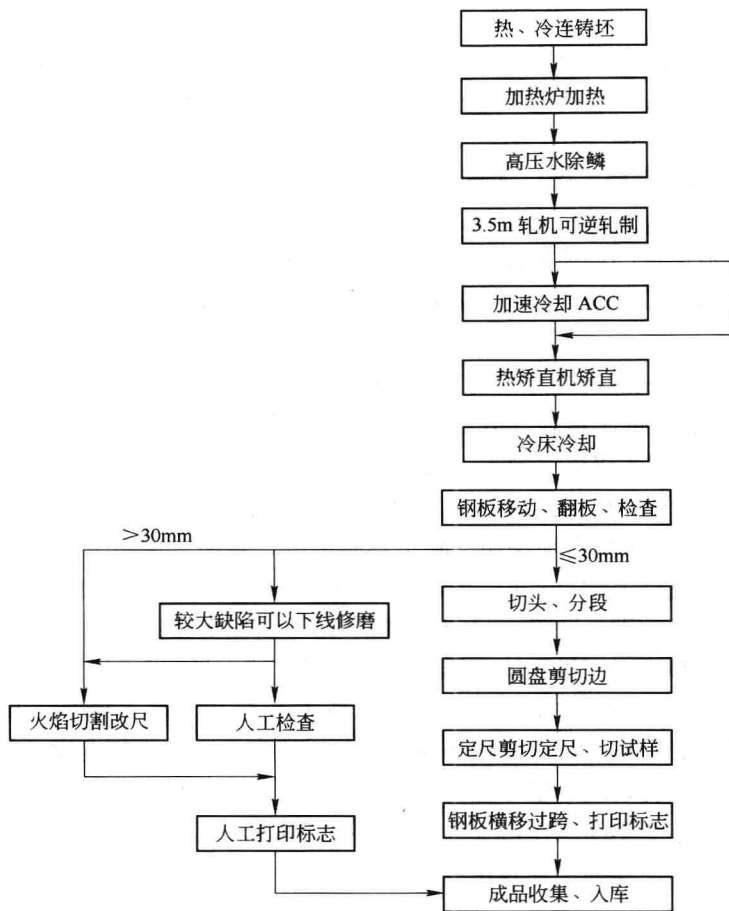


图 1-1 生产工艺流程

加热。在加热炉跨设有一定的区域，以作轧制跨板坯的存储和缓冲区域。

中厚板厂共设两座推钢式加热炉。加热炉采用双排布料方式。根据生产品种的要求，加热炉各段炉温按照预设定的加热曲线准确控制，板坯一般加热到 1150 ~ 1250℃。对于控制轧制的微合金化钢，为了缩短控制轧制过程中的待温时间、细化晶粒，板坯一般采用较低的加热温度，其板坯温度约为 1100 ~ 1150℃。

加热好的板坯，根据轧制节奏，由出钢机依次将板坯从加热炉内一块一块地托出，平放在出炉辊道上。

(2) 高压水除鳞。除鳞是指利用高压水的强烈冲击作用去除板坯表面的一次氧化铁皮和二次氧化铁皮。加热好的板坯，由出炉辊道将板坯送至除鳞辊道，同时打开 18MPa 高压水除鳞箱喷嘴，将板坯上、下表面的氧化铁皮清除，然后进入轧机前输入辊道。

(3) 轧制。送达 3500mm 四辊可逆轧机入口的板坯，根据轧制表，按不同钢种和用途，采用常规轧制和控制轧制两种轧制方式，采用转向 90°+ 纵向轧制方式，轧后钢板的最大长度为 33m，最大宽度为 3300mm。轧后根据产品工艺要求采用常规冷却或加速冷却。

1) 常规轧制。当板坯长度较短时,板坯纵向进入四辊轧机进行成形轧制,一般经过 1~4 道次的成形轧制后,轧件在机前或机后回转辊道上转钢 90°,然后进行展宽轧制;当轧至要求宽度后,再在回转辊道上转钢 90°,然后进行延伸轧制到成品厚度。轧制过程如图 1-2 所示。

当长度接近或达到最大坯料长度时,板坯先在四辊轧机入口回转辊道上转钢 90°,然后进入四辊轧机进行展宽轧制,轧到产品要求的宽度后,再在轧机入口或出口回转辊道上转 90°,最后进行延伸轧制,直至轧到成品厚度。

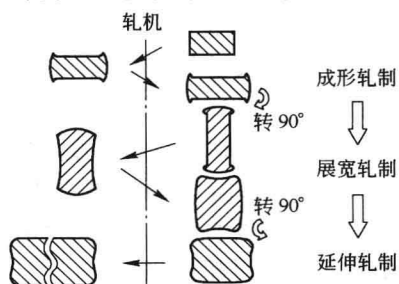


图 1-2 中厚板轧制过程

四辊轧机配备有厚度自动控制 (AGC) 系统,可保证产品具有良好的厚度精度和优质的板形。同时还配置了快速换辊装置。四辊可逆轧机的最大轧制速度为 6.6m/s。

为了提高钢板表面质量,由轧机上的高压水除鳞集管清除轧件上的再生氧化铁皮。

2) 控制轧制。对于管线钢板、船板、锅炉板、压力容器板、低碳微合金化高强度结构板等采用控制轧制工艺生产。

根据生产钢种、规格及产品性能等要求,采用两阶段控制轧制,采用多块钢交叉轧制方式。在采用两块钢交叉轧制情况下,当一块钢在轧制时,另一块钢在一侧辊道上待温,这种方式一般用于厚度较薄的板坯,轧制厚度规格较薄的产品。在采用三块钢交叉轧制情况下,当一块钢在轧制中,另两块钢在辊上空冷待温,当温度达到目标值时,再进行第二阶段的轧制。这种方式一般用于板坯厚度大、轧制厚度较厚的产品。

控制轧制一般分第一阶段轧制、待温、第二阶段轧制,其轧制道次、待温温度、压下量、终轧温度等对不同产品有不同的要求,一般开轧温度在 1050~1150℃,第一阶段轧制 6~9 道次,压下率占总数的 50%~60%,中间待温温度 850~880℃,第二阶段轧制 5~6 道次,压下率占总数的 40%~50%,成品终轧温度 770~850℃。

①关于除鳞:一般情况下,第一道轧制前均进行除鳞。此外,原则上在展宽轧制完成,纵轧(延伸轧制)开始前,控轧每个阶段待温后以及成品道次轧制前均进行除鳞操作。

②关于压下量及轧制速度:在轧制过程中,道次及压下量的选取应适合轧机的主传动及机架的能力,在展宽前、后及展宽轧制中均应视轧件宽度的大小,选取适当的压下量。在成形轧制和展宽轧制中,轧制速度应在基速或基速以下;在纵轧或轧长阶段,随着轧件温度的下降、厚度减小及长度的增加,应逐道减小压下量及提高轧制速度。

对薄规格的钢板,终轧及终轧前的后几道次的轧制过程中,应尽可能采用较高的速度,以利于轧件的变形。

轧件在辊上空冷待温,辊道应前后不停地摆动,避免由于辊子吸热在轧件表面上产生横向黑印,并保护辊子不受损坏。

(4) 轧后冷却。轧后冷却由加速冷却系统 (ACC) 组成。根据产品性能所要求的冷却速率和终冷温度,采用 ACC 系统。使用 ACC 系统可满足大多数产品所需要的加速冷却或直接淬火工艺要求。

对于要求进一步提高强度、焊接性能和低温韧性的产品,在完成控制轧制后,应立即

进入加速冷却装置进行控制冷却。加速冷却装置对钢板上下表面同时喷水冷却，钢板温度由 770 ~ 850℃ 快速下降到 450 ~ 600℃。加速冷却的钢板厚度一般在 10 ~ 12mm 以上，并要求冷却装置要确保钢板纵向、头尾与中间、横向、上下表面的温度均匀。钢板的冷却速度范围在 5 ~ 30℃/s（视水温和板厚而定），当钢板厚度大于 20mm 时，冷却速度最大为 20℃/s，主要是保证钢板厚度方向冷却均匀。

(5) 热矫直。钢板通过 ACC 冷却装置辊道后，由热矫直机输入辊道送至热矫直机上矫直，钢板热矫直温度一般在 600 ~ 800℃，较薄的钢板矫直温度在 450 ~ 550℃，较厚钢板的矫直温度可超过 800℃。

矫直速度是根据钢板的矫直温度、厚度及强度确定，速度范围在 0.5 ~ 1.5m/s。

矫直机压下量主要取决于钢板的矫直温度，一般在 1.0 ~ 5.0mm 的范围选取，对温度较低的钢板取较小值，对温度较高的钢板取较大值。此外，确定压下量时还要考虑钢板厚度的影响，厚度较薄的钢板压下量大，较厚者压下量小。

钢板的矫直道次一般为一次。对于那些经过控制轧制和控制冷却的钢板可能产生更大程度的不平度，为了达到标准要求，还需要进行 1 ~ 2 次的补矫。

(6) 冷床冷却。热矫直后的钢板一般在 500 ~ 700℃ 左右进入冷床，钢板在冷床上逐块排放，并通过辊盘，在无相对摩擦、不受划伤的情况下移送，待温度下降至 100℃ 左右时离开冷床。

(7) 钢板表面检查与修磨。钢板冷却后，人工通过反光镜目视检查钢板下表面质量，由此确定钢板是否需要翻板与修磨。然后将钢板送到检查修磨台架输入辊道，在检查修磨台架上进行人工目视检查钢板上表面，并对检查出来的缺陷，由人工用手推小车砂轮机或手提砂轮机进行修磨。对那些下表面有缺陷的钢板，由翻板机将钢板翻转 180° 后，再由人工用手推小车砂轮机或手提砂轮机进行修磨。

(8) 钢板切头及分段。钢板由修磨台架输出辊道运送至切头剪前输入辊道，由切头剪前对正装置对正后，再由剪前输送辊道送入切头剪切头。对个别头尾不规整的钢板或镰刀弯较大的钢板，可切除不规整部分或分段。

(9) 钢板切边。经切头或分段后的钢板，由辊道输送至圆盘剪前，经磁力对中装置预对中，再用激光划线装置精确对中，使钢板两边的切边量对称和平行。然后开动圆盘剪前输入辊道、圆盘剪（包括碎边剪）、圆盘剪后输出辊道，以同一种速度运送，圆盘剪将钢板两边切除。

根据钢板厚度及强度，圆盘剪以不同的速度剪切钢板两边，剪切速度为 0.2 ~ 0.8m/s，剪切后的钢板由辊道送至定尺剪。

剪切下来的板边，由碎边剪碎断，碎边从剪机下的溜槽滑落到切头箱内，装满后以空箱置换，满箱由天车吊走。

(10) 钢板切定尺及取样。经切边的钢板，由辊道运送至定尺机前，经对正后，由定尺剪按要求剪切成不同长度的钢板。定尺钢板最大长度为 18m。需要取样时，按要求剪切样品，由人工送往检化验室。

(11) 钢板标志。定尺钢板由辊道输送，再经设在垛板下料台架的自动标志设备逐张进行成品标记。主要标明公司标志、钢种、规格、生产日期等。对经行业协会认可生产的专用钢板，如管线钢板、船用钢板、锅炉钢板等，必要时标印出会员标志等。

(12) 钢板收集及入库。成品钢板输送到成品垛板下料台架, 由10+10t磁盘吊车按钢板规格, 把钢板逐张从台架上吊起, 码放在收集台架上, 经收集后的钢板垛, 再用成品跨15+15t双钩夹钳吊车, 运至成品堆放区堆存、入库、待发。

(13) 厚板(大于30mm)收集、切割、入库。经冷床冷却后的钢板, 由检查台架输出辊道输送到厚板库, 可以对需要改尺的钢板和厚板进行改尺切割。切割后的成品钢板在厚板库入库存储。

1.5 宝钢5m宽厚板厂

1.5.1 概述

宝钢5m宽厚板轧机作为我国第一套现代化特宽厚板轧机, 它将满足国内对管线板、高强度船板、高强度结构钢板、压力容器板等高档次产品的需求, 同时有利于带动我国厚板生产技术的发展。

宝钢宽厚板轧机主作业线设备由德国西马克—德马克(SMS-Demag)及西门子(Siemens)公司提供, 热处理线由德国洛伊(LOI)公司提供, 板坯库及加热炉区设备主要由国内设计、供货。一期建设1架精轧机, 设计年产量为140万吨; 预留的粗轧机及配套精整设施建成后, 最终规模为180万吨。

1.5.2 产品及原料

1.5.2.1 产品

(1) 产品品种。包括管线钢板、造船钢板、结构钢板、锅炉容器钢板、耐大气腐蚀钢板及模具钢板等。

(2) 产品规格。厚度5~150mm, 最大将扩至400mm; 宽度900~4800mm; 最大长度25m(轧制状态最大52m), 最大单重24t, 将扩至45t。

(3) 交货状态。产品按常规轧制、控制轧制和控轧控冷(TMCP)、热处理状态交货。普通轧制产品占总产量的52%, 控轧控冷产品占40%, 热处理产品占8%。每年有16.8万吨(占总量的12%)的产品经涂漆后交货。

1.5.2.2 原料

一期工程年产140万吨成品钢板, 需坯料约150.54万吨, 其中连铸坯140万吨, 初轧坯10.54万吨。连铸坯由配套厚板连铸机提供。连铸板坯尺寸: 厚220~300mm, 宽1300~2300mm, 长1500~4800mm, 单重3.3~25.8t。初轧板坯尺寸: 厚120~160mm、340~500mm, 宽1300~1550mm, 长1500~4800mm, 单重1.84~24.3t。待粗轧机投产后将增加大钢锭或锻坯, 使用少量自开坯以替代初轧坯。

1.5.3 工艺布置

宝钢宽厚板轧机一期工程主厂房由板坯接收跨、板坯跨、加热炉区、主轧跨、主电室、磨辊间、冷床跨、剪切跨、中转跨、热处理跨、涂漆跨以及成品库等部分组成, 设备构成如图1-3所示。