

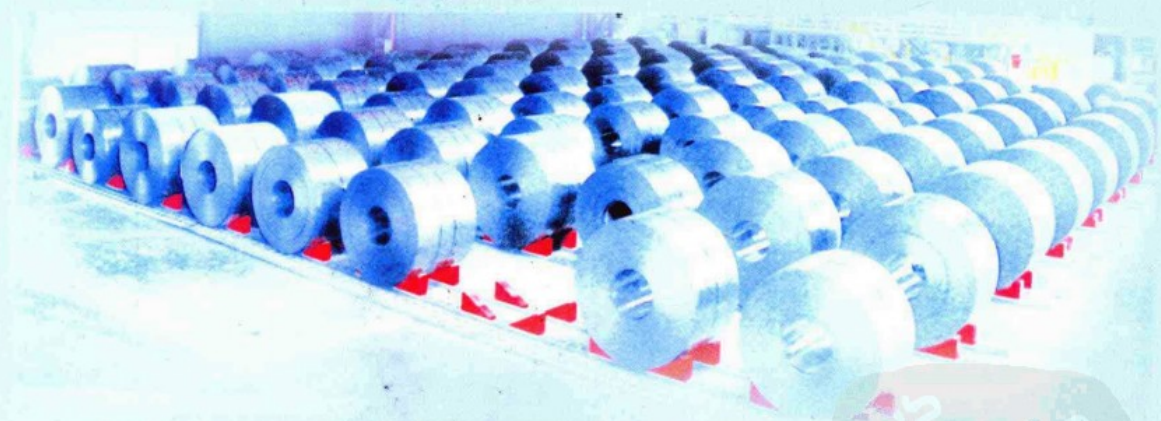
高等学校规划教材

GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

板带材生产工艺及设备

许石民 孙登月 主编

胡国栋 主审



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

新到书籍
PDG



GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

ISBN 978-7-5024-4611-6



9 787502 446116 >

定价 35.00 元

销售分类建议：冶金工程

高等学校规划教材

板带材生产工艺及设备

许石民 孙登月 主编
胡国栋 主审

北 京
冶金工业出版社
2008

内 容 提 要

本书是轧钢工艺及设备专业的专业课程教材,主要讲述板带材生产的工艺过程及所使用的机械设备。本书从钢板的分类及一般生产方法和技术要求入手,分别介绍了厚板、热轧带钢和冷轧带钢的生产工艺、轧机机型、主要设备和辅助设备的结构和工作原理等。结合现代冶金企业的板带材生产典型工艺及设备作了有针对性的介绍和理论分析,内容贴近生产实际。

本书可以用作大学本科轧钢专业学生的教材,相关专业本科、专科学生的教学参考书,冶金企业和重型机械设计研究单位相关工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

板带材生产工艺及设备/许石民,孙登月主编. —北京:冶金工业出版社,2008.8

高等学校规划教材

ISBN 978-7-5024-4611-6

I. 板… II. ①许… ②孙… III. ①板材轧制—高等学校—教材 ②带材轧制—高等学校—教材 IV. TG335.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 119408 号

出 版 人 曹胜利

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 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 尚海霞 美术编辑 李 心 版式设计 葛新霞

责任校对 卿文春 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4611-6

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 8 月第 1 版,2008 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;17.25 印张;457 千字;266 页;1-3000 册

35.00 元

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(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
二十辊轧机及高精度冷轧钢带生产	69.00
中国冷轧板带大全	138.00
板带材生产原理与工艺	28.00
高精度板带材轧制理论与实践	70.00
实用轧钢技术手册	55.00
轧钢基础知识	39.00
轧钢机械	49.00
轧钢工艺学	58.00
轧钢车间机械设备	32.00
轧钢机械设备	45.00
轧钢机械设计	56.00
轧钢设备维护与检修	28.00
薄板坯连铸连轧钢的组织性能控制	79.00
现代电炉—薄板坯连铸连轧	98.00
薄板坯连铸连轧微合金化技术	58.00
连铸坯在线大侧压调宽技术及其应用	28.00
薄板坯连铸连轧(第2版)	45.00
薄板坯连铸连轧工艺技术实践	56.00
实用连铸冶金技术	35.00
连铸连轧理论与实践	32.00
常规板坯连铸技术	20.00
现代钢铁工业技术——板坯连铸	40.50
炉外精炼及铁水预处理实用技术手册	146.00
连铸及炉外精炼自动化技术	52.00
压力加工设备	29.00
金属压力加工概论	29.00
金属塑性成形力学	26.00
洁净钢——洁净钢生产工艺技术	65.00
超细晶钢——钢的组织细化理论与控制技术	188.00
德汉轧钢词典	58.00
汉英英汉连续铸钢词典	65.00

前 言

随着生产的发展和科学技术的进步，轧钢生产工艺和设备水平在迅速提高。生产和科学技术的进步必将促使教材内容的不断更新。同时，教学改革的内容之一是拓宽培养面，这就使教学必须突破原有设备专业和工艺专业的界限，在教材内容上把设备和工艺结合起来。

《板带材生产工艺及设备》的编写，本着工艺和设备相结合的原则，力求反映国内外板带材生产在近 20 年的新技术和发展方向。

本书在燕山大学校内经过多届本科生教学使用和研究生教学参考，在此基础上，结合近年国内外板带材生产技术的新发展，对内容进行进一步补充和修改，以期使内容能够跟上科学技术发展的快节奏。

本书可以作为机械设计及自动化专业的冶金方向的教学用书，也可以供相关的生产和技术部门工程技术人员参考。

本书第 1 章和第 2 章由胡国栋编写，第 3 章由孙登月编写，第 4 章由许石民编写。全书由许石民、孙登月主编，胡国栋主审。

由于编者水平所限，书中会有许多不足之处欢迎读者批评指正。

编 者
2008 年 5 月

目 录

绪 论	1
1 概述	3
1.1 钢板的品种分类	3
1.2 钢板生产的技术要求	3
1.3 钢板生产的一般方法	4
1.3.1 单张轧制生产	5
1.3.2 成卷轧制生产	5
1.3.3 板带轧机工作机座的形式	5
2 厚板生产工艺及设备	6
2.1 厚板生产的发展状况	6
2.1.1 改造或淘汰旧轧机、建设现代化厚板轧机	6
2.1.2 以连铸坯为厚板轧制的坯料	8
2.1.3 广泛地采用厚板平面形状控制技术	8
2.1.4 钢板综合性能控制	8
2.1.5 采用计算机控制	9
2.2 厚板生产工艺及生产过程中的新技术	9
2.2.1 厚板生产的原料及轧前准备	9
2.2.2 厚板的轧制过程	13
2.2.3 厚板的精整	26
2.3 厚板轧机的基本形式	30
2.3.1 单机座厚板轧机	30
2.3.2 双机座厚板轧机	31
2.3.3 厚板轧机中的立辊机座	32
2.4 厚板轧机的工作机座	33
2.4.1 机架	33
2.4.2 工作辊和支承辊系	33
2.4.3 压下装置	35
2.4.4 平衡装置	36
2.4.5 上下辊压紧弯辊缸	37
2.4.6 下辊标高调节装置	37
2.4.7 换辊装置	37

2.5 辊式钢板矫直机的形式与厚板矫直机	37
2.5.1 辊式钢板矫直机的形式	37
2.5.2 厚板矫直机	40
2.6 厚板的剪切设备	43
2.6.1 滚切剪	43
2.6.2 圆盘式剪切机及厚板圆盘剪	48
2.7 厚板生产的计算机控制	51
2.7.1 生产管理级计算机	51
2.7.2 生产控制级计算机	51
2.7.3 过程控制级计算机及主要设备控制	52
3 热轧带钢生产工艺及设备	56
3.1 热轧带钢生产的发展现状	56
3.1.1 传统热带钢连轧机发展状况	57
3.1.2 短流程工艺和薄板坯连铸连轧机的发展	63
3.1.3 炉卷轧机技术更新换代	63
3.1.4 热轧带钢生产新技术	63
3.2 热轧带钢生产的工艺过程	77
3.2.1 板坯的选择和轧前准备	77
3.2.2 粗轧	80
3.2.3 精轧	85
3.2.4 轧后冷却、卷取及打捆	86
3.2.5 热带钢连轧机压下规程制定	88
3.2.6 热轧带钢的板厚、板凸度和平直度控制	90
3.2.7 热轧带钢产品质量控制	95
3.3 热轧带钢轧机的基本形式	98
3.3.1 传统热带钢连轧机的形式	98
3.3.2 薄板坯连铸连轧技术	101
3.4 热带钢连轧机的工作机座	105
3.4.1 粗轧机组的工作机座	105
3.4.2 精轧机组的工作机座	136
3.5 切头飞剪	155
3.5.1 曲柄式切头飞剪	155
3.5.2 转鼓式切头飞剪	157
3.5.3 切头飞剪的传动速度比选择和校验电机的启动条件	160
3.5.4 切头飞剪的切头最佳化系统	161
3.6 热轧带钢卷取机	164
3.6.1 热轧带钢卷取机的结构	164
3.6.2 卷筒的主传动	166

3.6.3 热轧带钢卷取机的张力控制	168
3.6.4 助卷辊的步进控制	169
4 冷轧带材生产工艺及设备	172
4.1 冷轧带钢的生产特点及发展状况	172
4.1.1 冷轧带钢的生产特点	172
4.1.2 冷轧带钢的发展状况	173
4.2 冷轧带钢生产工艺过程及生产过程中的新技术	175
4.2.1 酸洗	175
4.2.2 轧制	181
4.2.3 退火	190
4.2.4 平整	193
4.2.5 带钢镀、涂层	196
4.2.6 精整	199
4.3 冷轧带钢轧机的基本形式	201
4.3.1 单机座可逆式轧机	201
4.3.2 常规冷连轧机	201
4.3.3 全连续式冷轧机	201
4.3.4 联合全连续式冷轧机	203
4.4 冷轧带钢轧机的工作机座	206
4.4.1 普通四辊冷轧机	206
4.4.2 HC 系列轧机	207
4.4.3 CVC 系列轧机	210
4.4.4 二十辊轧机	213
4.5 开卷机与卷取机	219
4.5.1 开卷机	219
4.5.2 卷取机	220
4.6 带钢飞剪机和停剪机	231
4.6.1 椭圆齿轮传动滚筒式飞剪	232
4.6.2 滑座式飞剪	236
4.6.3 滑块摆式飞剪	238
4.6.4 曲柄摆式飞剪	243
4.6.5 停剪机	250
4.7 带钢矫直机	251
4.7.1 带钢辊式矫直机	251
4.7.2 带钢拉伸弯曲矫直机	258
参考文献	265

绪 论

钢铁工业属于原材料工业，是国民经济中的基础工业。在科学技术高速发展的今天，虽然许多国家和地区已不把钢铁工业作为支柱产业，钢产量也不作为衡量一个国家经济实力的最重要的经济指标。但是，钢铁工业的现状和发展仍在很大程度上体现一个国家的科学技术水平和经济发展实力。

我国钢铁工业的发展突飞猛进，在 20 世纪末年钢产量达到了 1 亿 t，仅又过了 2~3 年钢的年产量就达到了 1.6 亿 t，并且仍在大幅度增长，到 2007 年，钢产量已达到 5.4 亿 t，约占世界钢铁总产量的 50%，成为远远高出其他产钢大国年产量的第一产钢大国。我国制造业的发展、城市化进程和能源、交通、水利、电力等基础设施建设都需要钢铁的支撑，钢铁工业强有力地支持了我国经济的高速增长。

经济的发展创造了巨大的钢铁需求，使钢铁工业高速发展。轧钢生产是钢铁生产的后道工序，轧制成材的钢铁产品既要满足产量的需求，还要满足品种规格和质量的需求。反观我国的钢铁生产，产品的品种结构还不能满足国民经济发展的需求，而高档次的产品表现尤其明显。

板带材在钢材各品种中应用最广泛，近年来我国板带材生产有了快速的发展，从 1998 年产量为 3427 万 t 增加至 2003 年的 8017 万 t，再到 2007 年的 1.4 亿 t。尽管如此，仍不能满足消费需求，到 2003 年板带材的进口量占进口钢材总量的近 90%，特别是特厚板、高档次冷轧板、镀锌板、不锈钢板和硅钢片等生产能力更显不足，许多品种在国内生产还是空白。纵观我国板带材生产，需要在以下几个方面进一步开展工作：

(1) 提高钢材板带比。我国钢材的品种结构不合理，主要表现在钢材的板带比较低，增长比较缓慢。2003 年以前我国钢材的板带比小于 35%，2004 年增长了一个百分点达到 35%，相当于前 6 年的增长数，2005 年增加至 36%，2007 年增加到 42%。据发达国家的经验，钢材生产和消费的板带比将随着国家工业化进程而增加。当国家从以建筑业为主要支柱产业转向以汽车等制造业为主要支柱产业时，板带比将超过 50%。目前发达国家的板带比均保持在 60% 以上，我国钢材生产的板带比还低于消费需求，预计今后 5~10 年，我国钢材生产的板带比将逐步升至 50% 左右，基本上可满足消费要求的板带比。从长远来看，增加钢材生产的板带比是我国钢材生产结构调整的重要方向。

(2) 提高产品质量。我国板带生产的品种规格和品种结构需要进行不断地调整，以满足市场需要。目前，世界钢铁市场竞争的焦点已集中在高附加值的板带领域，而我国板带生产仍是弱项。进口的板带材均属于高附加值领域，除不锈钢板和硅钢片属特钢外，进口部分厚板和大量的冷、热轧薄板和涂层板，都是具有特别的尺寸规格和尺寸精度、高使用性能、高技术含量、高附加值的产品。近年来，我国钢铁生产采用许多引进和自主研发的先进设备和生产技术，生产水平有了大幅度提高。提高管理水平，生产高质量的板带材，不仅可填补板带材品种需求的缺口，而且可生产出高附加值的板带材进入国际市场。

(3) 注意环境友好和可持续发展。板带材生产技术的发展必须考虑资源的利用和回收、可循环使用、性能的可调节性、性能价格比和环境友好，因此，生产过程需要注意节能降耗，增加金属收得率，废料的回收和综合循环使用；性能的高级化是通过钢水的高洁净度的精炼、

无缺陷或少缺陷连铸板坯、控轧控冷、高精度轧制和材料的复合化，最大限度地开发产品的极限性能，提高性能价格比。对生产过程产生的废料、废水、废酸、粉尘等污染环境的排放物严格处理，实行节能降耗、废品回收、可循环的综合利用的“绿色”生产工艺。

(4) 高速、快节奏的科研成果转化与开发。由于市场需要的推动和高新技术的应用，钢板生产技术的研究和开发成果向生产力转化进入了高速度、快节奏的阶段。研究开发的指导思想和组织管理，由原来的研究开发向工程化转变，许多成熟的生产技术很快就被科技含量更高的新技术所取代。

21 世纪将是知识经济时代，然而世界仍然是物质的，人类社会的生存、发展不可能脱离物质。“数码”（信息）是非常重要的，但它永远不可能取代物质。在知识经济时代，钢铁工业必将发生更为深刻的变化，在钢板生产中，以新工艺取代老工艺、以新流程取代老流程、以新技术装备的设备取代老设备的发展趋势不断地变革轧钢生产。我们要很好地驾驭这个发展规律，逐步地把我国由钢铁大国推向钢铁强国。

1 概 述

钢板和带钢是国民经济各部门中应用最广泛的钢材，它作为多种工业部门的原料使用。因此工业发达的国家板带钢产量占钢材产量的 50% ~ 60%，最高已达到 66% 以上。到 2000 年，我国板带钢产量占钢材产量不足 35%，尤其是高质量、高附加值的板材品种短缺，要依靠进口弥补不足，这是需要发展的钢材品种。

1.1 钢板的品种分类

钢板的品种规格按厚度分为两大类，即厚板和薄板。我国一般称厚度为 4mm 以上者为中厚板；4mm 以下者为薄板，尺寸范围见表 1-1，其中，厚度在 20mm 以下（有时厚度达到 30mm）的钢板，采用成卷方法生产，称为带钢。

表 1-1 钢板厚度尺寸范围

分 类	厚 板			薄 板	
名 称	特厚板	厚 板	中 板	薄 板	极薄带
厚度/mm	60 ~ 160	20 ~ 60	4 ~ 20	0.2 ~ 4	0.002 ~ 0.2
备 注	最厚为 700mm			最薄为 0.001mm	

钢板按其用途分类如下。

- (1) 结构制造业用板：如桥梁板、锅炉板、压力容器板、高炉及其他工业建筑物用板。
- (2) 交通运输业用板：如汽车板、造船板、机车制造和航空结构用板。
- (3) 机器制造业用板：以钢板为原料冲压、焊接和机械加工成各种机器零件用钢板。
- (4) 电工钢板：制造电机、变压器等用的硅钢板。
- (5) 焊管和冷弯型钢用板：焊管坯和冷弯型钢坯用的钢板。
- (6) 金属制品工业用板：如日用品制造业和食品包装用钢板。
- (7) 特殊用途钢板：如装甲板、不锈钢板、耐热钢板、耐酸钢板、复合板等。

钢板按其材料可分为碳素钢板和合金钢板。碳素钢板大部分为低碳钢板，也有中、高碳钢板。合金钢板大部分为低合金钢板，也有高合金钢板。

钢板按表面处理方法不同可分为镀锡板、镀锌板、涂层板等。

有关钢板品种规格可参阅国家有关标准。

1.2 钢板生产的技术要求

钢板根据厚度和用途以及生产的技术要求不同，最基本的要求可归纳为如下四个方面：

- (1) 尺寸精度要求。钢板的尺寸精度主要指厚度精度。厚度精度包括纵向厚度差和横向厚度差的允许范围。通常说板厚精度是指纵向厚度差的大小；而横向厚度差的大小往往用板凸度表示。由于钢板的 L (长) $\times B$ (宽) $/ H$ (厚) 比值很大，厚度微小的波动将引起金属消耗很大的波动。因此，钢板的厚度偏差不仅关系到构件的重量和强度等使用性能，也关系到金属的节

约。以汽车板为例,为降低公里油耗,必须尽可能地降低车重,要求每台汽车重量偏差小于5kg,因而要求严格控制各种汽车板的厚度偏差。虽然钢板标准规定厚度偏差为10%,但汽车板厚度偏差超过+3%,即会因超出汽车行业法规而遭到罚款。目前,汽车板要求实际产品厚度偏差是标准厚度偏差的1/4。因此,在钢板生产中都十分重视厚度控制,力争厚度的高精度轧制和按负公差轧制。

(2) 板形精度要求。板形精度是指板带钢的平直度,表示板带材纵、横向各部位是否产生波浪或瓢曲(即单边浪、双边浪、中浪、肋浪和局部瓢曲)。板形良好的条件取决于轧后伸长率沿宽度方向上的分布是否均匀。如果边部的延伸大于中部,超过一定值就会出现边浪,反之,则出现中浪。由于板带材的板形问题随着厚度减小而越来越敏感,因而薄板轧制的板形精度要求更为严格。板带材使用部门对板形精度的要求越来越高,例如:高速自动冲压加工线为防止冲模夹卡和提高冲压外形质量,要求板形偏差小于5I,厚度偏差为 $\pm 2\mu\text{m}$ 。

(3) 表面质量要求。板带钢材是单位体积的表面积最大的钢材,又多用于外围构件,因此,对于大多数板带材要求表面光洁,不允许有结疤、麻点和划伤。对于表面进行镀层、涂层加工的板带材,则表面又有一定的粗糙度要求。

(4) 性能要求。板带材的性能要求主要包括工艺性能、力学性能和某些特殊的物理或化学性能。钢板用于制造各种形状及尺寸的构件时,必须经过剪切、弯曲、冲压和焊接等加工过程,要求具备良好的工艺性能。对于一般的结构钢板,只要求具有良好的加工工艺性能,例如冷弯和焊接性能等,对力学性能的要求并不很严格。对于甲类钢板,则要求保证力学性能,要求有一定的强度和塑性。对于重要用途的结构钢板,则要求有较好的综合性能,既要有良好的工艺性能,又要有一定的力学性能,还要保证一定的化学成分、一定的金相组织和各向组织均匀性要求,以保证钢板具有良好的焊接性能、常温或低温冲击韧性或一定的冲压性能等。诸如造船板、桥梁板、压力容器板、汽车板、低合金结构板以及优质碳素钢板等,它们的综合性能要求比较严格。例如,锅炉钢板除要求具有一定的强度、塑性和冲击韧性外,还要求具有一定的化学成分和细小的金相组织,含碳量严格控制在0.3%以下,否则焊接后的高速冷却会发生淬硬而影响焊缝的强度;磷能降低钢板的冲击韧性并引起冷脆,故磷的质量分数不允许超过0.04%;硫能促进钢板的热脆,必须限制硫的质量分数在0.045%以下。又如造船板和桥梁板,除必须具有良好的工艺性能和常温的力学性能外,还要有一定的低温(-40°C)冲击韧性。再如用于汽车覆盖件的汽车板,在冲压加工时中间部位变形小,加工硬化作用不明显,汽车在高速行驶中受到沙石碰击在表面上会产生凹陷,为避免这种情况发生,希望钢板有较高的抗凹陷性能。因此出现了烘烤硬化板,称BH板,是一种将冲压用的深冲性能与元素P(或Mn)的固溶化机制相结合的特殊性能钢板。这种钢板在冲压加工前具有较低的屈服强度,深冲部分经大变形冲压加工后,在油漆烘烤 170°C 左右高温下保持20min,钢中残留的C、N原子引起应变时效,通过烘烤硬化的应变机制获得高强度、深冲性能与良好的抗凹性相结合、综合性能优异的冷轧板。除上述各种结构钢板外,还有各种特殊用途的钢板,例如,高温合金钢板、不锈钢板、硅钢片、复合板等,它们或要求特殊的耐高温性能、低温性能、耐酸耐碱等耐腐蚀性能,或要求电磁性能,以及其他特殊性能。

为保证板带钢的技术要求,在生产过程中,必须对钢的冶炼过程、轧制过程、轧后冷却以及热处理过程进行严格地控制,同时要促使这些过程的生产工艺和设备不断地更新和改进。

1.3 钢板生产的一般方法

板带钢的厚度和技术要求不同,其生产的方法也不同。

1.3.1 单张轧制生产

单张轧制生产的生产过程在一张一张的状态下进行,用于中厚板的生产。由于厚度比较大,只能采用单张轧制的生产方法。为了减小变形抗力,中厚板的轧制都采用热轧的方法。用于单张轧制厚板生产的轧机形式可以分为单机座和双机座厚板轧机。

1.3.2 成卷轧制生产

成卷轧制生产用于薄板生产,也用于生产部分规格中厚板。由于薄板的轧后长度都很长,通常是几百米到上千米,甚至几千米的长带,生产只能是在卷成钢带卷的状态下进行,成卷生产的带钢有热轧带钢和冷轧带钢两种。

1.3.2.1 热轧带钢生产

热轧带钢生产的带钢厚度范围一般为1~20mm,最薄可达0.8mm,最厚可以超过30mm。用于热轧带钢生产的轧机形式有以下3种:

(1) 连续式热带钢轧机,通常称为热带钢连轧机,是生产热轧带卷应用最广泛、最主要的轧机形式。

(2) 薄板坯连铸连轧机,是近年来发展起来的短流程轧机。

(3) 带有炉内卷取机的炉卷轧机,是一种可逆式轧机,其前后的卷取机置于加热炉内,在轧制的过程中可以对带钢进行加热和保温,使轧制变形在一个很窄的温度区间内进行,用于轧制变形温度要求严格、难于变形的合金板。

1.3.2.2 冷轧带钢生产

冷轧带钢生产的带钢的厚度范围为0.01~3.5mm,最薄可达到0.001mm。冷轧带钢生产的轧机机型有下面两种:

(1) 连续式带钢冷轧机,通常称为带钢冷连轧机,是大规模生产的主要轧机形式。

(2) 可逆式带钢冷轧机,一般是单机座的,在一个工作机座上对带钢进行往复的多道次轧制。目前,可逆式带钢冷轧机也应用较广,多应用于多辊轧机的轧制。

1.3.3 板带轧机工作机座的形式

由于板带轧机轧辊的 L (辊身长)/ D (辊径)的比值比较大,为了提高轧辊的刚度,在工作辊的外侧都加有支承辊。据轧辊数量的不同,板带轧机可分为如下两大类:

(1) 四辊轧机。曾是板带轧机最主要的工作机座形式。随着对板带钢轧制精度要求的提高,其地位在不断下降。目前,四辊轧机仍是厚板轧制的最主要机型,而薄板轧制则逐步被多辊轧机所代替。

(2) 多辊轧机。轧辊数量超过四个的板带轧机称为多辊轧机,包括六辊轧机、十二辊轧机、二十辊轧机和复合多辊轧机等,主要用于薄带钢和超薄带钢的生产。

2 厚板生产工艺及设备

厚板钢材可用于大直径输送管道用管的生产,大型桥梁、海上采油平台和大型舰船的建造,以及高炉壳体、压力容器、锅炉等重型机器制造和军工部门的特殊需要。厚板生产是一个国家的工业基础,世界各国都非常重视厚板生产技术的发展。各类高质量的专用钢板,诸如性能好的造船板、石油化工及输送管道钢板、电站及锅炉钢板、大型桥梁钢板和装甲板等的市场前景较好。

2.1 厚板生产的发展状况

厚板生产的发展趋势主要是提高轧机产量,提高产品质量,降低消耗,提高效益,满足市场对厚板的需要,提高产品的竞争能力。

2.1.1 改造或淘汰旧轧机、建设现代化厚板轧机

从20世纪60年代到90年代,世界厚板轧机发生了很大的变化,到20世纪末全世界中厚板生产能力达到1.2亿t,超过市场需求。因此从节约能源和资源、降低成本、提高生产能力和产品质量出发,逐步地淘汰了落后的和小规模的轧机,改造和新建了一批现代化厚板轧机,将世界原有的大约120套厚板轧机缩减到1998年的大约74套,其中4700mm以上的厚板轧机有20套,选择其中的9套,其轧机性能见表2-1。

表 2-1 9套国内外厚板轧机性能

厂名及轧机规格	投产年份	支承辊直径 /mm	最大轧制力 /kN	最大轧制速度 /m·s ⁻¹	轧机刚度系数 /kN·mm ⁻¹	主电机额定功率 /kW	板形控制装置	单位辊身长度轧制力 /kN·mm ⁻¹
中国鞍钢 4300mm	1993 年 7 月	1800	50000	4.2	5800	2×3700	无	11.6
德国迪林根 4300mm	1972 年	2150	92000	7.32	10400	2×8600	支承辊弯辊	21.4
韩国浦项 3 号 4300mm	1997 年 9 月	2150	80000	6.15	9000	2×6500	PC + 工作辊弯辊	18.6
苏联伊里奇 3000mm	1983 年	2150	71000	6.54		2×12600	工作辊弯辊	23.7
瑞典 SSAB3700mm	1998 年	2150	102000	7.0	9700	2×11200	CVC + 工作辊弯辊	27.6
德国蒂森 3900mm	1956 年 (1978 年改造)	2100	80000	7.85	10000	2×11540	工作辊弯辊	20.5
德国迪林根 4800mm	1985 年改造	2150	92000	7.32	10400	2×860	支承辊弯辊	19.2
德国迪林根 5500mm	1985 年	2400	110000	6.95	10600	2×11000	工作辊弯辊	20.0
日本大分 5500mm	1976 年	2400	100000	6.28	10000	2×8000	CNP + 工作辊弯辊	18.2

2005 年,我国中厚板的生产能力达到 5330 万 t,中厚板比达到 13.6%,高于发达国家,中厚板产量已能满足国内要求。新建的中厚板轧机产能比较大,用宽热带钢连轧机生产中厚板的比例有所下降。

近年中厚板轧机的发展特点主要有以下几点。

(1) 提高轧机的生产能力。

改造后和新建的厚板轧机生产能力的提高表现在以下几个方面：

第一，轧辊辊身长度增加。厚板轧机的最大板宽一般是工作辊辊身长度减去 300mm，大直径的直缝焊管 UOE 成形生产需要更宽的厚板作为原料，例如，5500mm 厚板轧机可生产宽度为 5200mm 的钢板，供给直径为 1626mm 的焊管作原料。航空母舰等大型舰船制造也需要提供更大面积的板料，以减少焊缝，最宽可达到 4500mm，最长可达到 25000mm。此外，随着滚切剪的出现，轧机可以生产双倍成品宽度的宽厚板，然后纵向剖切，可以提高轧机生产率和金属收得率。因此，在 21 世纪前的 74 套厚板轧机中，4700mm 以上的轧机有 20 套，5000mm 以上的轧机有 12 套，在仅有的 4 套 5500mm 轧机中日本就有 3 套。到 2005 年，我国有 15 套 3500mm 以上厚板轧机投产，其中有 5000mm 级厚板轧机 2 套。

第二，轧机刚度不断增大。现代厚板轧机工作机座的基本特点是具有高刚度，这是为了满足板宽增加和控制轧制工艺所要求的较低变形温度。目前，世界厚板轧机刚度系数最高已达到 9000 ~ 10600kN/mm；支承辊直径达到 2100 ~ 2400mm；牌坊立柱断面面积达到 10000 ~ 11000cm²；单片牌坊最重达 390t。

第三，轧机力学性能参数不断增大。由于增大轧辊辊身长度可轧制更宽的厚板，加之实施控制轧制，使得轧制力增大，现代厚板轧机的轧制力已达到 100000 ~ 110000kN（最大达到 130000kN）。

轧制力增大使工作辊传递的扭矩增大，辊身长度大于 4000mm 的厚板轧机，最大扭矩达到 6000kN·m，工作辊直径在 1030 ~ 1130mm 以上。

提高轧制速度可以缩短轧制周期、提高轧机生产率、减少钢板因头尾温差带来的厚度差、控制终轧温度、提高产品质量。厚板精轧机座的轧制速度已由 5.0 ~ 6.4m/s 提高到 7.0 ~ 7.85m/s。

轧制力矩增大，轧制速度提高，使电机功率随之增大，达到 $2 \times 10000 \sim 2 \times 12600\text{kW}$ 。

(2) 开发新型厚板轧机。

普通四辊轧机取代了二辊式和三辊劳特式厚板轧机成为厚板轧机工作机座的主要机型，并被广泛地应用。为了提高厚板轧机的效率，提高钢板的尺寸精度和更好地控制板形，现已开发出 PC 厚板轧机、HCW 厚板轧机和 CVC 厚板轧机。

日本君津厚板厂开发的第一套 4724mm PC 厚板轧机于 1991 年投入生产。该轧机将工作辊和支承辊做成可以成对交叉形式，同时还设有工作辊弯辊装置，其特点是：

1) 轧机工作辊和支承辊成对交叉的最大交叉角为 1°，设定精度为 0.003°，有效地控制了板形和板凸度。

2) 由于 PC 轧机采用调整上下轧辊的交叉角，调整上下轧辊的等效凸度，控制板形和板凸度，不再需要控制轧辊曲线，也无需在精轧最后阶段的轧制道次限制轧制负荷，轧机可以实现高压下率的自由轧制，减少轧制道次，提高了轧机效率。

日本福山钢铁厂于 1985 年制造了 1 台 4700mm HCW 厚板轧机，其特点是：

1) 工作辊做成可以轴向移动的形式，轧制时工作辊作定期移动调整，可以使轧辊磨损均匀，使局部磨损减小到最小，这样可以连续不断地改变宽度规格，生产出各种规格钢板，实现在轧制周期中任何宽度尺寸规格的自由轧制，增加了轧机的灵活性，有效地提高了轧机的效率。

2) 将工作辊的一端做成有一定长度的锥形段，根据不同板宽要求，对上下工作辊进行轴