

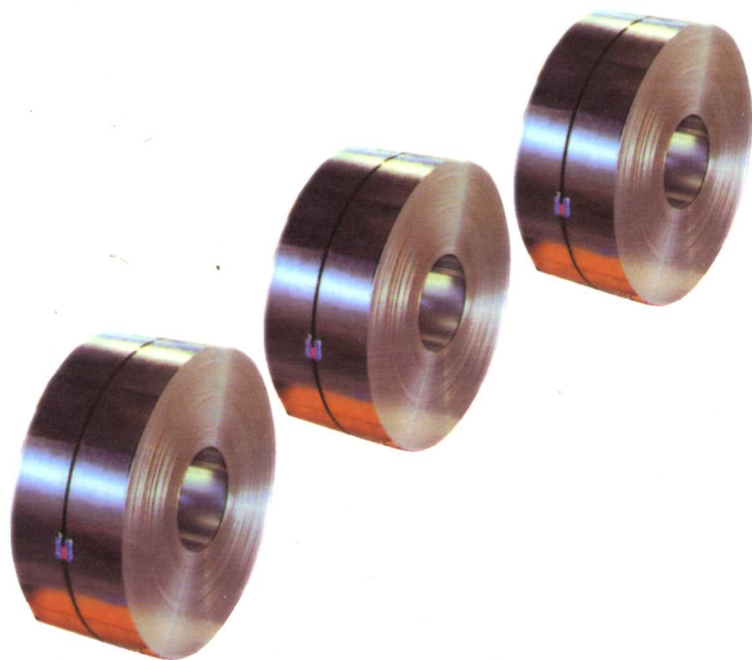
冷轧薄钢板生产技术丛书

冷轧薄钢板生产

LENGZHA BAOGANG BAN SHENGCHAN

(第2版)

傅作宝 主编



冶金工业出版社

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

冷轧薄钢板生产技术丛书

冷轧薄钢板生产

(第2版)

傅作宝 主编

北 京

冶金工业出版社

2005

内 容 简 介

本书从钢铁企业实际生产角度,较系统地介绍了国内外冷轧薄钢板生产工艺技术。内容包括酸洗、冷轧、热处理、精整、镀涂层钢板的生产、第三代汽车板的生产、不锈钢板的生产和冷轧生产过程中的环保工艺等9章。本书涵盖了冷轧薄钢板生产的主要工艺和产品品种,可使读者全面了解和熟悉冷轧薄钢板生产的全过程和新技术,提高企业生产技术水平,以满足汽车、家电行业等对高质量冷轧薄钢板的需求。

本书可供从事冷轧薄钢板生产、工艺研究、设备设计的科技人员阅读,也可供高等院校冶金、材料加工等相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷轧薄钢板生产/傅作宝主编. —2版. —北京:冶金工业出版社, 2005. 6

(冷轧薄钢板生产技术丛书)

ISBN 7-5024-3732-0

I. 冷… II. 傅… III. 薄钢板—薄板轧制: 冷轧
IV. TG335. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 035364 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 张 卫 (联系电话: 010-64027930; 电子信箱: bull2820@sina.com)

李培禄 王雪涛 美术编辑 李 心

责任校对 符燕蓉 李文彦 责任印制 牛晓波

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

1996 年 4 月第 1 版, 2005 年 6 月第 2 版, 2005 年 6 月第 2 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 28.75 印张; 689 千字; 442 页; 3101-6600 册

69.00 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

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

编者的话

目前,我国国民经济建设飞速发展,取得了令人瞩目的成就,市场(汽车业、家电业等)对冷轧钢板(带)产品的需求很大。虽然近年来我国在冷轧板(带)的生产方面取得了骄人的成绩,然而,我国冷轧板(带)生产与工业发达的国家相比,仍有差距,总的装备水平、产品质量有待提高,板管比、冷轧板(带)比较低,产量和质量等方面还不能满足国内需求,每年还要从国外大量进口。因此,我国在冷轧技术、设备、产品质量、产能等方面还有很大提升空间。

《冷轧薄钢板生产技术丛书》是一套从冷轧薄钢板(带)生产工艺流程(即酸洗、冷轧、热处理、平整)、设备(包括酸洗设备、冷轧设备、连续退火设备、罩式退火设备、平整机设备、热镀锌设备、电镀锌设备、电镀锡设备、彩色涂层设备、电解脱脂设备、硅钢片生产设备、不锈钢生产设备及精整设备等)与冷轧薄钢板(带)产品(包括普通冷轧板带、热镀锌钢板、电镀锌钢板、电镀锡钢板、锌-铝合金钢板、彩涂钢板、汽车钢板、不锈钢板(带)以及硅钢片产品等)相结合的角度入手组织编写的丛书。冷轧钢板(带)生产技术含量高,产品附加值高,各钢铁企业十分重视冷轧技术和设备的提高和改进。因此,十分有必要编写出版一套详细介绍冷轧钢板(带)的各工序工艺与设备的技术书籍,以满足钢铁企业中从事冷轧薄钢板生产、工艺研究、设备设计的科技人员进一步深入研究的需要。

本套丛书从钢铁企业实际生产出发,重点介绍国内外生产冷轧薄钢板的先进工艺、技术、操作方法与设备的使用、维护。期望本套丛书能为我国现有冷轧板(带)生产厂的挖潜、改造或新建更具竞争力的冷轧板(带)厂提供借鉴,能为钢铁企业提高冷轧钢板(带)生产技术水平并生产出高质量、高附加值的产品提供参考。

2005年5月

前 言

《冷轧薄钢板生产》（第1版）一书自1996年4月问世以来，受到了广大同行的好评。现在时间已过去9年，进入了21世纪，此间，国内外冷轧薄钢板生产技术又有了很大发展。特别是为满足国内市场的需求，许多钢厂新建和改建了新的冷轧薄钢板生产线，冷轧产品的规格品种增加，产品质量显著提高。这样第1版的技术内容已赶不上时代发展的要求和用户对冷轧产品的需求。为此，在冶金工业出版社的倡议下，编者着手对《冷轧薄钢板生产》（第1版）进行了较为全面的修改和增删，编写了《冷轧薄钢板生产》（第2版）。

《冷轧薄钢板生产》（第2版），除对上版书中的陈旧内容认真删改外，增补了紊流酸洗、推拉式酸洗、新的热处理保护气体的制取及退火炉新工艺技术等。同时，根据目前冷轧薄钢板带的市场要求，书中新增编了“第三代汽车钢板的生产”、“冷轧不锈钢板的生产”和“冷轧生产过程中的环保工艺”等3章内容，以适应生产的新发展和用户的新要求。

本书由傅作宝（负责第1、4、7、8章）、李有炎（负责第2章）、严光中（负责第3、5章）、刘兴久（负责第4章）、唐广仁（负责第6、9章）编写。全书由傅作宝修改和统校。

由于编者水平有限，书中不当之处，敬希读者指正。

编 者

2004年10月1日

目 录

1 绪论	1
1.1 冷轧薄钢板生产的发展历史	1
1.2 冷轧薄钢板生产工艺流程及其进步	3
1.3 冷轧钢板(带)有关标准	7
1.3.1 尺寸允许偏差	8
1.3.2 宽度允许偏差	9
1.3.3 外形	10
1.3.4 尺寸测量	10
1.3.5 重量	10
1.4 保证冷轧薄钢板产品质量的两个基础问题	11
1.4.1 钢的化学成分对成品性能的影响	11
1.4.2 热轧带钢对冷轧钢板性能和组织的影响	13
1.4.3 原料几何尺寸对冷轧成品尺寸的影响	18
2 酸洗	19
2.1 连续式酸洗机组的概述	19
2.1.1 半连续酸洗机组	19
2.1.2 连续卧式酸洗机组	20
2.1.3 连续塔式酸洗机组	21
2.1.4 酸洗机组的选型	23
2.2 带钢表面氧化铁皮	23
2.2.1 带钢表面氧化铁皮的形成	23
2.2.2 氧化铁皮的组成和结构	24
2.2.3 影响带钢表面氧化铁皮的因素	25
2.2.4 氧化铁皮的性质及厚度	27
2.2.5 带钢表面氧化铁皮的可酸洗性	28
2.3 酸洗原理与影响酸洗的因素	28
2.3.1 硫酸与盐酸	29
2.3.2 酸洗原理	32
2.3.3 影响酸洗的因素	33
2.3.4 酸洗缓蚀剂的作用	39
2.3.5 酸溶液中添加食盐的作用	42
2.4 现代连续式酸洗机组的工艺与设备	42

2.4.1	概况	42
2.4.2	现代连续酸洗机组的工艺	43
2.4.3	机组主要技术性能及工艺参数	46
2.4.4	酸洗后处理——冲洗段的化学工艺	49
2.4.5	酸溶液的加热	51
2.5	推拉式酸洗	56
2.5.1	机组组成及工艺流程	56
2.5.2	工艺概述	56
2.5.3	推拉式酸洗设备	57
2.6	带钢酸洗技术的新发展	59
2.6.1	紊流酸洗的发展	59
2.6.2	紊流酸洗原理	60
2.6.3	紊流酸洗槽的结构	60
2.6.4	酸溶液的调配及有关计算	65
2.6.5	连续酸洗机组连续排放和补充酸液的有关计算	67
2.6.6	酸洗设备	68
2.7	硫酸废液的回收	78
2.7.1	硫酸废液的形成及性质	78
2.7.2	废酸溶液回收的工作原理	79
2.7.3	蒸喷真空结晶法	79
2.7.4	真空浓缩-冷冻结晶法	84
2.8	盐酸废液的回收	84
2.8.1	盐酸废液的形成及性质	84
2.8.2	废盐酸溶液回收(再生)的工作原理	85
2.8.3	鲁兹纳法(含除硅)	86
2.8.4	鲁奇法	97
3	冷轧	99
3.1	冷轧机的发展	99
3.1.1	冷轧机的基本形式	99
3.1.2	现代宽带钢冷轧机	103
3.1.3	冷轧机的发展动向	107
3.2	冷轧设备	110
3.2.1	机械设备	111
3.2.2	电气传动	118
3.2.3	测量仪表	120
3.2.4	计算机	122
3.2.5	润滑系统	122
3.3	可逆式冷轧机的生产工艺	124

3.3.1 四辊式可逆轧机	126
3.3.2 森吉米尔二十辊冷轧机	133
3.3.3 偏八辊轧机	139
3.3.4 HC 轧机	143
3.4 全连续冷轧机的生产工艺与计算机控制	149
3.4.1 全连续轧制的工艺特点	149
3.4.2 全连续冷轧车间	151
3.4.3 全连续冷轧机	158
3.4.4 全连轧的计算机控制	170
3.5 冷轧带钢的质量控制	179
3.5.1 厚度自动控制	179
3.5.2 板形自动控制	181
4 热处理	185
4.1 钢的冷塑性变形与冷轧钢板（带）的再结晶退火	185
4.1.1 钢的冷塑性变形	185
4.1.2 冷轧钢板的再结晶退火	186
4.1.3 影响再结晶后晶粒大小的因素	188
4.1.4 冷轧带钢的热处理	189
4.2 氮氢型保护气体单垛式紧卷罩式退火炉的设备与工艺	192
4.2.1 热处理车间布置	192
4.2.2 单垛式紧卷罩式炉	192
4.2.3 单垛式紧卷罩式炉技术性能及设备构成	195
4.2.4 加热罩	196
4.2.5 炉台	207
4.2.6 炉台循环风机	211
4.2.7 快速冷却设备	212
4.2.8 保护罩	218
4.2.9 对流板	221
4.2.10 罩式炉用吊具	223
4.2.11 冷轧带钢卷退火工艺及操作	225
4.2.12 罩式炉退火能力计算	229
4.2.13 保护气体	230
4.3 全氢型保护气体单垛式紧卷罩式退火炉的设备与工艺	233
4.3.1 概述	233
4.3.2 强对流全氢罩式炉技术	234
4.3.3 强对流全氢罩式炉技术性能及设备构成	236
4.3.4 全封闭炉台	237
4.3.5 炉台循环风机	239

4.3.6	加热罩	240
4.3.7	冷却罩	241
4.3.8	保护罩	242
4.3.9	对流板	243
4.3.10	H ₂ 爆炸与防爆	243
4.3.11	冷轧带钢退火工艺	246
4.3.12	冷轧带钢退火炉管路系统	247
4.3.13	冷轧带钢退火操作说明	247
4.3.14	冷轧带钢退火操作	248
4.3.15	冷轧带钢退火产量及单耗指标	250
4.4	高氢型保护气体单垛式紧卷罩式退火炉保护 气体、氮气的制取和应用	251
4.4.1	概述	251
4.4.2	主要技术性能	252
4.4.3	高氢型保护气体的制取和应用	252
4.4.4	氮气的制取和应用	254
4.5	冷轧薄钢板罩式退火炉发展趋势和新技术	258
4.5.1	冷轧薄钢板罩式退火炉发展趋势	258
4.5.2	冷轧薄钢板罩式退火炉新技术	259
4.6	单垛式罩式退火炉的计算机控制	261
4.6.1	IPAC SYS 15 系统（简称系统 15）简介	261
4.6.2	控制参数及工艺制度简介	262
4.7	连续退火机组的生产工艺	263
4.7.1	概述	263
4.7.2	连续退火的退火工艺与关键设备	267
4.7.3	典型产品的连续退火生产工艺与冶金学特点	270
4.7.4	连续退火的不足	276
4.8	各种退火炉的工艺技术比较	276
4.8.1	概述	276
4.8.2	氮氢型与全氢型单垛式紧卷罩式炉对比	278
5	精整	282
5.1	冷轧带钢的平整	282
5.1.1	平整的作用	282
5.1.2	平整机	283
5.1.3	平整工艺	288
5.2	冷轧带钢的横剪	291
5.2.1	概述	291
5.2.2	生产工艺操作	292

5.2.3 主要生产设备和工艺	293
5.3 冷轧带钢的纵剪重卷	297
5.3.1 概述	297
5.3.2 重卷生产工艺	298
5.4 冷轧带钢的包装	302
5.4.1 概述	302
5.4.2 流水包装线生产工艺	302
5.4.3 包装生产管理	304
6 镀涂层钢板的生产	306
6.1 连续热镀锌钢板的生产	306
6.1.1 热镀锌板的生产方法	306
6.1.2 森吉米尔法热镀锌工艺过程	308
6.1.3 美钢联法热镀锌工艺	315
6.1.4 单面连续热镀锌生产方法	317
6.1.5 三种单面热镀锌方法比较	322
6.1.6 热镀锌生产发展趋势	323
6.2 连续电镀锌钢板的生产	324
6.2.1 连续电镀锌机组的类型及电镀原理	327
6.2.2 连续电镀锌的预处理	331
6.2.3 电镀锌	336
6.2.4 出口段	344
6.2.5 电镀锌板的质量标准	346
6.2.6 镀锌板的耐蚀性及应用	349
6.2.7 电镀 Zn-Fe 合金板生产	350
6.2.8 电镀锌生产发展方向	352
6.3 连续镀锡钢板的生产	353
6.3.1 镀锡板的性能和应用	354
6.3.2 镀锡板的生产方法及其原理	355
6.3.3 镀锡板生产工艺过程	360
6.3.4 几条典型电镀锡线的介绍	364
6.3.5 镀锡板生产技术的发展趋势	367
6.4 彩色涂层钢板(彩涂板)的生产	369
6.4.1 涂层钢板的质量和结构要求	370
6.4.2 涂层板的生产方法	371
6.4.3 现代化大型涂层机组生产过程	373
6.4.4 涂层板的品质和加工方法	379
6.4.5 彩色层压钢板生产	380
6.4.6 涂层板的应用	386

6.4.7 彩色涂层板发展趋势	386
6.5 镀铝钢板的生产	387
6.5.1 分解氨法生产镀铝钢板	388
6.5.2 其他方法生产镀铝钢板	389
6.5.3 热镀锌-铝合金钢板	390
7 第三代汽车钢板的生产	392
7.1 概况	392
7.2 IF 钢的发展	392
7.3 IF 钢的冶金学特点	393
7.3.1 超低碳	393
7.3.2 微合金化	393
7.3.3 钢质纯净	393
7.4 IF 钢生产工艺特点	394
7.4.1 热轧	394
7.4.2 冷轧	394
7.4.3 退火	394
7.5 IF 钢的生产	394
7.5.1 武钢试验结果	394
7.5.2 再结晶试验结果	395
7.5.3 罩式退火工艺的制定	395
7.5.4 武钢 IF 钢生产及实物水平的评价	396
7.5.5 鞍钢汽车板生产	397
7.6 超低碳钢系列简介	397
7.6.1 深冲热镀锌 IF 钢板	397
7.6.2 超低碳高强 IF 钢板	397
7.6.3 超低碳高强 BH 钢板	398
8 冷轧不锈钢板的生产	399
8.1 不锈钢生产的发展及其在世界上的应用	399
8.2 我国不锈钢生产的现状及其消费情况	399
8.3 太钢的发展目标	400
8.4 上海第一钢铁(集团)有限公司的发展目标	401
8.4.1 不锈钢工程建设的主要内容	401
8.4.2 项目主要生产工艺和主要设备	401
8.4.3 不锈钢工程的技术先进性	402
8.4.4 不锈钢工程建设目标	402
8.5 冷轧不锈钢生产过程的质量控制	403
8.5.1 概况	403

8.5.2 原料	403
8.5.3 冷轧	404
8.5.4 连续退火酸洗	405
8.5.5 平整	406
8.5.6 产品分割	407
8.5.7 结语	407
8.6 近年来不锈钢厂的建设和改造	407
8.7 21 世纪初我国不锈钢需求展望及发展目标	408
8.8 BA 钢板的生产	409
8.8.1 BA 钢板的市场需求分析	409
8.8.2 不锈钢光亮退火的工艺目的及对炉子的要求	410
8.9 短流程的生产简介	411
8.9.1 双辊连铸工艺	412
8.9.2 新日铁的带钢连铸情况	412
8.9.3 欧洲的情况	412
8.9.4 结语	414
9 冷轧生产过程中的环保工艺	415
9.1 冷轧生产过程中的主要污染源	415
9.2 油雾处理	415
9.2.1 冷轧机组油雾处理	416
9.2.2 平整机油雾处理	417
9.3 烟尘处理	418
9.3.1 酸洗机组矫直机、焊接机除尘	418
9.3.2 磨辊间除尘	420
9.3.3 平整机除尘	422
9.4 酸、碱废气处理	423
9.4.1 酸洗机组废气处理	423
9.4.2 电镀锌废气处理	426
9.4.3 连续退火废气处理	427
9.5 废水处理	429
9.5.1 含油废水处理	429
9.5.2 酸、碱废水处理	431
9.5.3 含铬废水处理	431
9.5.4 硫氰化钠废水处理	434
9.5.5 污水净化处理	435
9.6 污泥处理	435
9.6.1 污泥浓缩处理	435
9.6.2 污泥脱水处理	436

9.6.3 固体污泥的处置	436
9.7 冷轧厂外界环境处理——“绿色工程”	437
9.7.1 “绿色工程”的作用	437
9.7.2 “绿色工程”的配置与布局	439
9.7.3 “绿色工程”的生态效应和企业效益	440
参考文献	441

1 绪 论

1.1 冷轧薄钢板生产的发展历史

钢的冷轧于 19 世纪中叶始于德国,当时只能生产宽 20 ~ 25mm 的冷轧钢带。美国于 1859 年制造建成了 25mm 冷轧机,1887 年生产出宽 150mm 的低碳钢带。1880 年以后,冷轧钢带生产在美国、德国发展很快,产品宽度不断增加,并逐步建立了附属设备,如剪切、矫直、平整和热处理设备等,产品质量也有了提高。

宽的冷轧薄板(钢带)是在热轧成卷带钢的基础上发展起来的。美国早在 1920 年第一次成功地轧制出宽带钢,并很快由单机不可逆轧制跨入单机可逆式轧制。1926 年阿姆柯公司巴特勒工厂建成四机架冷连轧机。

苏联于 20 世纪 30 年代中期开始冷轧生产,第一个冷轧车间建在伊里奇冶金工厂,是四辊式,用单张的热轧板作原料。1938 年在查波罗什工厂开始安装从国外引进的三机架 1680mm 冷连轧机及 1680mm 可逆式冷轧机,生产厚度为 0.5 ~ 2.5mm、宽度为 1500mm 的钢板。为了满足汽车工业的需要,该厂又建立了一台 2180mm 可逆式冷轧机。1951 年苏联建设了一套 2030mm 全连续式五机架冷连轧机,年产 250 万 t,安装在新利佩茨克。

日本 1938 年在东洋钢板松下工厂安装了第一台可逆式冷轧机,开始冷轧薄板的生产。1940 年在新日铁广畑厂建立了第一套四机架 1420mm 冷连轧机。

我国冷轧宽带钢的生产开始于 1960 年,首先建立了 1700mm 单机可逆式冷轧机,以后陆续投产了 1200mm 单机可逆式冷轧机、MKW1400mm 偏八辊轧机、1150mm 二十辊冷轧机和 1250mmHC 单机可逆式冷轧机等,20 世纪 70 年代投产了我国第一套 1700mm 连续式五机架冷轧机,1988 年建成了 2030mm 五机架全连续冷轧机。现在我国投入生产的宽带钢轧机有 35 套,窄带钢轧机有 1000 套。在这 40 多年中,我国冷轧薄板生产能力增加了 40 多倍,到 2000 年,我国薄钢板的产量已达到 1900 多万 t;生产装备技术水平已由只能生产低碳薄板而发展到能生产高碳钢、合金钢、高合金钢、不锈钢耐热冷轧薄板、镀锌板、涂层钢板、塑料复合薄板和硅钢片等。

从世界范围看:日本 1960 年冷轧板产量 100 万 t,而 40 年后的今天生产能力已达 2000 多万 t,增加了 20 倍。

冷轧薄板发展如此迅速的主要原因是:

(1) 钢材在热轧过程中的温降和温度分布不均给生产带来了难题,特别是在轧制厚度小而长度大的薄板带产品时,冷却上的差异引起的轧件首尾温差往往使产品尺寸超出公差范围,性能出现显著差异。当厚度小于一定限度时,轧件在轧制过程中温降剧烈,以致根本不可能在轧制周期之内保持热轧所需的温度。

因此,从规格方面考虑,事实上存在着一个热轧厚度下限。20 世纪 70 年代初期,

日、法、意、原西德等国曾致力于用热连轧精轧机组，增加 8、9 机架来生产 1~0.8mm 的薄带。但实践证明，从产品质量和设备重量来说这是不可行的。现代热连轧机，目前设计可能轧出最小厚度为 1.2mm，但实际生产中很少生产 1.8mm 或 1.5mm 以下的热轧板卷。而冷轧则不存在热轧温降与温度不均匀的弊病，可以得到厚度更薄、精度更高的冷轧带钢和冷轧薄板。现代冷连轧宽带轧机和双机架二次冷轧可生产厚度为 0.10~0.17mm 的冷轧薄板，作为镀锡原板，即使不经二次冷轧也可生产 0.2~3.5mm 厚的冷轧薄板。现代可逆式冷轧机可生产 0.15~3.5mm 厚的冷轧板。多辊冷轧机或窄带钢冷轧机则可生产最薄达 0.001mm 的产品。从厚度上看，0.15~0.38mm 厚的板带为一般薄板，0.07~0.25mm 厚的为较薄薄板，0.025~0.05mm 厚的板带为极薄薄板，这些产品用热轧方法是不可能生产的。从厚度精度上看，现代热连轧厚度精度通常为 $\pm 50\mu\text{m}$ ，而现代冷连轧板厚精度高达 $\pm 5\mu\text{m}$ ，比热轧厚度精度高 10 倍。从板形上看，热轧板带平直度为 50I (1I 单位 = 10^{-5} 相对长度差)，而冷轧板特别是现代化的宽带钢冷轧机轧制的带钢，其平直度能控制在 5~20I 以内。

(2) 目前热轧工艺技术水平尚不能使钢板表面在热轧过程中不被氧化，也不能完全避免由氧化铁皮造成的表面质量不良。因此，热轧不适于生产表面光洁程度要求较高的板带钢产品。热轧板热轧状态表面粗糙度为 $20\mu\text{m}$ ，酸洗后为 $25\mu\text{m}$ 。而冷轧板表面清洁光亮，并可根据不同用途制造不同表面粗糙度的钢板。冷轧板按表面粗糙度分为 3 种：一种是无光泽的钢板，其表面粗糙度为 $3\sim 10\mu\text{m}$ ，适用于作冲压部件，并且当需喷涂刷漆时，这种钢板附着性较强；第二种是光亮板，其表面粗糙度大于 $0.2\mu\text{m}$ ，这种钢板主要作为装饰镀铬用厚板等；第三种是压印花纹钢板，采用表面具有 $70\sim 120\mu\text{m}$ 凸凹的平整辊平整钢板，这种钢板用于仪表壳及家具装饰等。这样的表面质量是热轧无法满足的。

(3) 性能好、品种多、用途广。冷轧钢板的另一突出优点是性能好、品种多、用途广。通过一定的冷轧变形程度与冷轧后热处理恰当配合，可以在比较广的范围内满足用户的要求。如汽车用薄板几乎全部需经冲压成形，这样深冲性能就成为薄板生产和使用的核心问题。冲压用钢的主要要求之一是具有占优势的有利织构 $\{111\}/(100)$ 。热轧薄板的塑性应变比 $\bar{R}$ 仅可达到 0.8~0.95，而冷轧第一代沸腾钢汽车板 $\bar{R}$ 为 1.0~1.2，第二代 08Al 钢 $\bar{R}$ 为 1.4~1.8，而第三代冷轧汽车板 $\bar{R}$ 为 1.8~2.8，这是热轧无法达到的。

硅钢是制造机电产品的重要材料之一，主要用户是电机制造业和输变电设备制造业。能源危机、能源价格上涨必然要求使用低能耗材料，所以 20 世纪 60 年代起人们就开始淘汰能耗高的热轧硅钢片，代之以冷轧硅钢片。用 10 万 t 冷轧无取向硅钢制作电机比用 10 万 t 热轧硅钢制作电机实测节能 1.98 亿 $\text{kW}\cdot\text{h/a}$ ，若电机运转 10 年就相当节约一个 20 万 kW 的发电厂全年的发电量。用冷轧硅钢片生产 36 万 $\text{kV}\cdot\text{A}$ 变压器其总重量是 204t；而用热轧硅钢片制造一台 12 万 $\text{kV}\cdot\text{A}$ 变压器，其重量即为 200t。因此，用冷轧硅钢片代替热轧硅钢片具有很高的经济价值。冷轧还可以生产不锈钢板，用于家具与建筑装饰、化工容器等。近年来，表面处理钢板有了很大发展。以冷轧板为基板的各种涂层钢板品种繁多，用途极为广泛。

由于上述原因，冷轧薄板的生产得到迅速发展。从产量上看，一般冷轧板产量占轧材

总产量的 20% 左右, 工艺技术装备不断革新。早期的冷轧板轧制速度不到 1m/s, 而今已达 41.6m/s。钢板的宽度 1905 年是 406mm, 1925 年是 914mm, 而今最宽可达 2230mm。钢卷重量也从几吨发展到 60t。一座现代化的冷轧厂年产量可以达到 250 万 t。

在建和拟建的百万吨级冷轧生产线:

武钢——武钢股份投资 83.7 亿元新建的 2130mm 冷轧机组, 年产量 215 万 t, 产品厚度 0.2 ~ 2.5mm, 最大宽度 2080mm, 最大强度 800MPa, 其产品定位于以轿车板和家电板为代表的覆盖面极广的高档冷轧产品, 预计该工程在 2006 年年初建成投产。

鞍钢——继 1780mm 冷轧机组投产后, 鞍钢为配合新建的 2150mm 热连轧机组(9 机架轧机), 计划新建 1500mm 冷连轧(120 万 t)和 2130mm 冷连轧(预计 2006 年 6 月投产)。

本钢——本钢与浦项合资新建的冷轧项目, 总投资 6.643 亿美元, 注册资本 2.319 亿美元, 浦项占 10% 股份。生产线设计能力为年产厚度 0.2 ~ 2.5mm 冷轧板卷和镀锌板 180 万 t (其中两条镀锌板生产线综合产能 84 万 t), 预计 2005 年年底投产。

包钢——投资 28.7 亿元的冷轧生产线规模为年生产 140 万 t, 规格为厚度 0.25 ~ 3mm, 宽度 960 ~ 1540mm, 2004 年年底建成投产, 产品用于建筑、轻工、家电、汽车等行业。

邯钢——邯钢投资 44 亿元新建的冷轧工程, 年生产能力 130 万 t, 其中冷轧商品板卷 80 万 t, 热镀锌卷 22 万 t, 彩涂商品卷 12 万 t 和冷硬板 16 万 t 产品主要用于汽车和家电、建筑等行业, 2004 年年底投产。

马钢——马钢冷轧薄板工程是国家第四批国债项目, 总投资 22.5 亿元, 设计年产冷轧板、镀锌板 152.8 万 t, 产品用于工业建筑、汽车、船舶、五金、家电等领域。2004 年 2 月底已投产。

涟钢——涟钢 1720mm 酸洗轧机联合机组、热镀锌机组, 冷轧精整生产线一期工程每年可生产 150 万 t 冷轧薄板, 30 万 t 镀锌板, 产品厚度 0.25 ~ 2.0mm, 宽度为 850 ~ 1570mm, 主要用于建筑、家电、轻工领域, 计划 2006 年 6 月建成投产。

济钢——济钢已与太厚重机签订了 3800 万元的冷轧薄板项目制造合同, 轧机产能 100 万 t。同时建设一条 300 万 t 热轧生产线。

广钢——JFE 与广钢合作, 计划在 40 万 t 热镀锌钢板工程建成后, 上马 150 万 t 冷轧板生产线, 产品主要满足广东汽车工业的需要。

首钢——首钢股份总投资 54.2 亿元的冷轧薄板生产线项目, 建成后年产量可达 150 万 t, 项目建设期为两年半, 第三年达到设计生产能力后, 将年生产冷轧板卷 70 万 t, 热镀锌板卷 80 万 t (其中彩涂 20 万 t)。目标市场是汽车及奥运项目。

1.2 冷轧薄钢板生产工艺流程及其进步

冷轧板带钢的产品品种很多, 生产工艺流程亦各有特点。具有代表性的冷轧板带钢产品是金属镀层薄板(包括镀锡板、镀锌板等)、深冲钢板(以汽车板为最多)、电工硅钢板, 不锈钢板和涂层(或复合)钢板。成品供应状态有板或卷或纵剪带形式, 这要取决于用户要求。各种冷轧产品生产流程如图 1-1 所示。

图 1-2 是冷轧车间的平面布置图。冷轧生产方法是不断发展进步的。几种生产方法的演变和发展过程如图 1-3 ~ 图 1-7 所示。

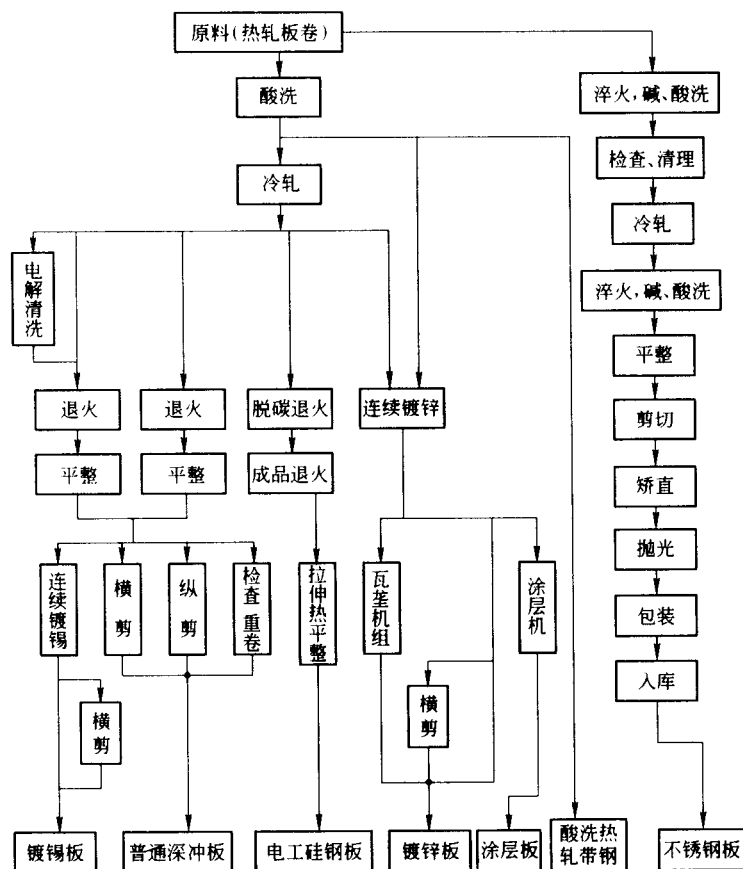


图 1-1 各种冷轧产品生产流程图

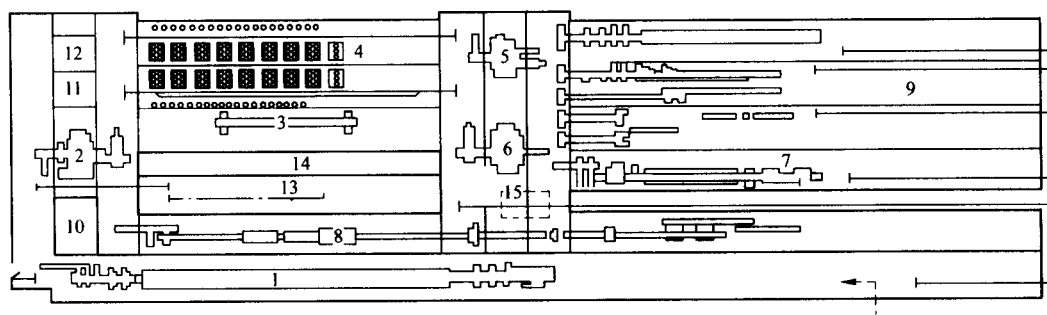


图 1-2 冷轧车间平面布置图

- 1—连续酸洗机组；2—五机架连轧机；3—电解清洗机组；4—退火工段；5—单机式平整机；6—双机平整机；
7—连续电镀锡机组；8—连续镀锌机组；9—剪切跨；10—油站；11—计算机房；
12—轧钢主电室；13—轧辊工段；14—机修、电修、液修；15—检验室

第一种生产方法见图 1-3，是单张生产方法，从原料到成品生产的全过程是以单张方式进行的。这种生产方法，产量低，质量差，成材率低，只能轧制较厚规格的薄板，但建