

# 冷轧带钢生产

LENG ZHA DAI GANG SHENG CHAN

西德钢铁工程师协会 编著

机械工业出版社

# 冷轧带钢生产

西德钢铁工程师协会 编著

武汉钢铁设计研究院技术情报科等译

机械工业出版社

本书共分二十二章。每章为一单独专题，分别介绍了冷轧带钢生产各个环节的原理、工艺、设备和操作技术。书中主要介绍冷轧厂的组成、运输设备、连续加工处理机组、酸洗原理及设备、废水处理及酸再生、冷轧、平整、轧机和传动设备、热处理原理及工艺设备、保护气体制备、镀锌、镀锡、其他金属镀层、非金属涂层、剪切包装、机械和时效检验、质量检验等内容。每章均附有大量的参考文献。

本书可供从事冷轧带钢生产和设备设计制造的设计、科研和管理人员及有关院校师生参考。

## Herstellung von kaltgewalztem Band

Teil 1u.2

Herausgegeben vom

Verein Deutscher Eisenhüttenleute

Verlag Stahleisen m.b.H., Düsseldorf 1970

\* \* \*

## 冷轧带钢生产

西德钢铁工程师协会 编著

武汉钢铁设计研究院技术情报科等 译

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本787×1092 1/16 ·印张 33 1/4 ·字数 817 千字

1983年10月北京第一版·1983年10月北京第一次印刷

印数 0,001—3,600·定价5.10元

\*

科技新书目：56—106

统一书号：15033·5512



## 译者的话

冷轧带钢，特别是冷轧宽带钢在国民经济中占有十分重要的地位。随着汽车制造、食品罐头、精密仪表、容器包装、房屋建筑、机械制造和船舶工业的迅速发展，以及电风扇、洗衣机、空调器、电冰箱、电视机、收录机等家用电器和各种日常生活用具，诸如家具、搪瓷器皿、玩具、灶具等的需要量成倍增长，对冷轧带钢的需要量也迅速增加。

镀锌板、镀锡板及其他金属镀层板，塑料涂层板、涂漆板和彩色涂层板等非金属涂层板，都是具有广泛用途的金属材料。尤其是非金属涂层板的生产在国外发展异常迅速，现在都以连续化生产方式在冷轧带钢厂内制造。这对于增加产量、提高质量、节约能源、降低成本、改善劳动条件和减少环境污染都有重要意义。这种产品价廉物美，在国际市场上具有很强的竞争能力。

当前，大力发展冷轧带钢生产，逐步提高冷轧带钢在轧钢产品中的比重，迅速提高冷轧带钢的质量，不断增加冷轧带钢的品种，满足各个工业部门，特别是与人民生活密切相关的轻纺工业和家用电器、生活用具等，以及外贸出口对冷轧带钢急剧增长的需要，是重型机械制造和钢铁生产部门面临的一项重要而又十分紧迫的任务。

国内现有的冷轧钢板生产，设备和工艺都比较落后。为了改变这种状况，一方面从国外成套引进现代化的宽带钢冷连轧机组及其他生产设备，另外对一些老厂的生产设备也积极进行技术改造。因此，全面了解国外现代冷轧带钢生产过程的工艺、设备及操作技术，对于消化引进的国外技术，进行老厂的技术改造将是有益的。西德钢铁工程师协会1970年编著的《冷轧带钢生产》一书，系统地论述了冷轧带钢生产的各个环节，对于我们全面了解和掌握现代冷轧带钢生产技术有一定参考价值，所以我们将该书全文翻译出版。

原书分上、下两册，每册各有11章。为了便于阅读和使用，翻译本将两册合成一册出版。本书主要介绍冷轧厂的组成、厂内运输设备、连续加工处理机组、酸洗原理及设备、冷轧原理、平整及二次冷轧、轧机和传动设备、废水处理、热处理、镀锌、镀锡、其他金属镀层、非金属涂层（塑料涂层、涂漆、彩色涂层等）、表面处理、剪切包装、机械和时效检验、质量检验等。本书的主要特点是每章单独成篇，既是一个独立的专题，又是互相联系的篇章。另一特点是每章文字后面均附有大量的参考文献，是一份很有价值的专题索引，便于有关人员回溯查找原始文献。

本书由严子平、戴义德、喻维雄、陈钰鹏、朱大福、孙孟祥、陈春芝、杜承睦、吕向九、俞美华、张继良、夏雨畴等同志翻译，由喻维雄、陈钰鹏、严子平、戴义德、朱大福等五同志校对。第1~11章，即原书的上册由严子平、喻维雄两同志审阅定稿；第12~22章，即原书的下册由喻维雄、朱大福两同志审阅定稿。本书在译校过程中得到夏以焜、冯志纯、杨登岱、薛翰华、宋亦王、梁甜、曾惠文、周永忻、钱治茂和于兰荣等同志的热情帮助，在此一并致谢。

我们对原文中的明显错误和不妥之处进行了订正，并加了译者注说明。西德的钢种与我国的钢号不尽相同，使用本书时请加注意。由于我们的水平有限，错误和不妥之处请读者批评指正。

译者

1979年8月

## 前 言

冷轧带钢，特别是冷轧宽带钢，自三十年代开始应用以来，日益显示出重要性。特别是近二十年内，汽车制造业、仪表工业、家庭用品、包装工业以及机器制造和建筑方面，对冷轧带钢的需求激剧增加。与此相适应的是，冷轧带钢的生产方法和各个生产领域的技术也有了迅猛的发展。

到目前为止，还没有一本全面介绍冷轧技术的书。不久以前，德国钢铁工程师协会冷轧委员会和埃森的技术之家，联合举办了一系列关于冷轧带钢生产的报告会。这些报告便是本书的基础。我们对这些文章作了补充和归纳，以求尽量全面地反映出冷变形加工中的非合金冷轧带钢，从酸洗到表面处理和带钢检验的整个生产过程。

冷轧带钢生产所涉及的知识是极其广泛的。无机化学、机器制造、电气技术、调节技术、塑性变形、材料学、金属学、热力学、工业炉制造、电镀技术和有机化学等，是冷轧技术的最基本学科。所以，本书只能对冷轧技术领域内的基本特点作重点阐述，而一般原理以及某些特殊问题就不作介绍了。本书全面地综述了冷轧技术，并力求达到下述目的：

帮助青年工程师和大学生迅速掌握冷轧基本知识。

帮助与冷轧有关专业的专家，全面了解冷轧技术各专业之间的主要关系。

向从事理论研究的人员介绍实践经验，并促进他们对金属变形技术作进一步深入的科学研究。

我们希望通过此书，为冷轧工业和其他相关的领域的工程师，以及所有从事冷轧带钢生产和加工的其他人员，提供反映冷轧带钢生产领域里科学技术的先进水平资料。

德国钢铁工程师协会  
文凭工程师H. Kegel

1969年6月于杜塞多夫

# 目 录

## 前言

第一章 冷轧厂的组成	1
------------	---

第二章 冷轧厂的厂内运输	7
--------------	---

第一节 选择冷轧厂运输设备时的基本考虑	7
---------------------	---

第二节 无轨运输	8
----------	---

第三节 有轨运输	12
----------	----

第四节 链式运输机	15
-----------	----

第五节 步进梁运输机	19
------------	----

第六节 辊道式运输机	20
------------	----

第七节 重型运输机	22
-----------	----

第八节 其它类型的运输设备	24
---------------	----

第九节 起重吊具	31
----------	----

第十节 纵剪机组各种运输设备组合举例	35
--------------------	----

第十一节 运输能力的比较	36
--------------	----

第三章 带钢连续加工处理机组	39
----------------	----

第一节 带钢连续加工处理机组的组成	39
-------------------	----

第二节 带钢连续加工处理机组的机械结构	41
---------------------	----

一 带卷的进料和出料	41
------------	----

二 开卷机和卷取机	44
-----------	----

三 焊接机	48
-------	----

四 活套装置	51
--------	----

五 切边剪	54
-------	----

六 张力辊和制动辊装置	57
-------------	----

第三节 带钢高速运行中的问题	64
----------------	----

一 带钢速度对带钢运行和带钢张力的影响	64
---------------------	----

二 带钢运行故障和控制带钢运行的装置	64
--------------------	----

三 强烈改变带钢应力的防跑偏装置	65
------------------	----

四 侧向移动带钢运行平面的防跑偏装置	68
--------------------	----

五 分卷穿带机组的防跑偏装置	69
----------------	----

六 与速度有关的带钢张力增大以及辊子与带钢之间的受力问题	70
------------------------------	----

第四节 带钢连续机组的电气调节	72
-----------------	----

第五节 带钢连续机组的测量	76
---------------	----

第四章 酸洗原理	82
----------	----

第一节 氧化铁皮的组成	82
-------------	----

第二节 酸洗的化学原理和电化学原理	83
-------------------	----

第三节 硫酸酸洗	84
----------	----

第四节 盐酸酸洗	86
----------	----

第五节 钢的化学成份对酸洗速度的影响	89
--------------------	----

第六节 硫酸酸洗和盐酸酸洗的优缺点	90
-------------------	----

第七节 用其他酸酸洗	91
------------	----

第八节 添加剂对酸洗的影响	92
---------------	----

第九节 碱洗	95
--------	----

第十节 电解除磷	95
----------	----

第十一节 酸洗损伤和酸洗缺陷	96
----------------	----

第五章 酸洗机组	99
----------	----

第一节 酸洗机组的组成	99
-------------	----

第二节 卧式连续硫酸酸洗	100
--------------	-----

一 进料段	101
-------	-----

二 破鳞机	103
-------	-----

三 酸洗槽	104
-------	-----

四 酸洗液的加热	105
----------	-----

五 酸洗槽的抽汽	106
----------	-----

六 带钢的冲洗和干燥	107
------------	-----

七 出料段	108
-------	-----

八 硫酸酸洗操作	109
----------	-----

第三节 塔式连续盐酸酸洗	110
--------------	-----

第四节 卧式半连续酸洗	112
-------------	-----

第五节 悬挂活套式酸洗	113
-------------	-----

第六节 隧道式喷淋酸洗	113
-------------	-----

第七节 螺旋式酸洗	114
-----------	-----

第八节 转筒式酸洗	114
-----------	-----

第九节 电解酸洗	115
----------	-----

第六章 酸洗和冷轧的废水问题	118
----------------	-----

第一节 引言	118
--------	-----

第二节 废水种类	118
----------	-----

一 含油和氧化铁皮的废水	118
--------------	-----

二 含酸和金属盐的废水	119
-------------	-----

三 酸洗废水	119
--------	-----

四 油乳化液废水	119
第三节 废水的危害	119
一 酸洗废水	120
二 油乳化液	120
第四节 处理酸洗废水的方法和设备	121
一 酸洗废水的处理和回收	121
二 中和	122
三 离子交换器	123
四 硫酸处理设备	123
五 各种硫酸处理设备的比较	126
六 盐酸再生	126
第五节 油乳化液的破乳和油的分离	128
一 乳化液破乳	129
二 油的分离	130
三 油乳化液的破乳和分离设备	130
第六节 残渣的清除和回收措施	131
第七章 带钢表面处理的废水问题	134
第一节 废水种类及其含有物的危害	134
第二节 减少废水排出量	135
第三节 废水处理原理	138
一 中和	138
二 离子交换	142
三 氰化物的解毒法	144
四 铬酸盐解毒法	146
五 含亚硝酸盐、氟和磷酸盐溶液的处理	146
六 含油和油脂的废水	147
七 含铬酸盐和氰化物废水的排出	147
第四节 循环使用和回收	147
一 特殊处理后的冲洗水循环	148
二 用离子交换法使冲洗水循环使用	148
三 用电解法、离子交换法或置换沉淀法回收废水中所含的物质	150
第五节 废水处理时的特殊问题	150
第六节 废水处理设备处理能力的设计	151
第八章 带钢冷轧原理	155
第一节 符号	155
第二节 前言	156
第三节 辊缝的几何学和运动学	156
第四节 带钢在辊缝中的变形抗力	158
第五节 辊缝中的摩擦	162
第六节 辊缝中的应力	162

第七节 轧制力和轧制力矩的计算	165
第八节 轧辊和机架的弹性变形	171
第九节 机架的弹性变形与带钢塑性变形之间的关系	173
第九章 轧制和平整对带钢性能的影响	176
第一节 热轧带钢的性能	176
第二节 冷轧对带钢性能的影响	179
一 对机械性能的影响	179
二 对表面粗糙度的影响	183
第三节 退火带钢的性能	186
第四节 平整、矫直和存放对带钢性能的影响	187
一 平整对机械性能的影响	187
二 平整后时效对机械性能的影响	191
三 矫直和随后的时效对机械性能的影响	197
四 平整对表面粗糙度的影响	197
第十章 冷轧机的机械设备	203
第一节 对冷轧带钢的要求	203
第二节 各种类型的轧机	204
一 二辊轧机	205
二 四辊式冷轧机	207
三 MKW型轧机	207
四 二十辊冷轧机	209
五 特种结构的轧机	211
六 在结构上采取调整带钢板形的措施	211
第三节 冷轧机的布置和各种轧机的应用范围	213
第四节 轧辊材料	217
第五节 冷轧机重要部件的设计特点	218
一 轧辊轴承装置	218
二 压下装置	220
三 接轴、轴头和传动装置的布置	222
四 轧辊润滑、冷却和乳化液循环装置	224
五 开卷机和卷取机的结构	226
六 机械换辊装置	227
七 连轧机的导卫板和穿带装置	229
八 轧辊传动装置	231
第十一章 冷轧机组的电气技术	236
第一节 电气传动	236
一 对电气传动的要求	236

二 轧机传动装置.....	238	三 内罩和密封.....	302
三 卷取机传动装置.....	241	四 加热罩和加热.....	303
四 上辊压下装置的传动装置.....	241	五 加速冷却过程.....	305
第二节 供电设备.....	242	六 测量和调节装置.....	307
一 旋转变流机组.....	242	七 热量和保护气体的消耗.....	308
二 水银整流器.....	242	八 单垛罩式炉的效率.....	309
三 可控硅.....	244	九 多垛罩式炉.....	310
四 转换回路.....	244	第二节 单垛松卷罩式退火炉.....	311
第三节 测量技术.....	246	第三节 箱式退火炉.....	315
一 转速、速度.....	246	第四节 辊底式带卷连续退火炉.....	316
二 轧制力.....	246	第五节 镀锡带钢塔式退火炉.....	318
三 转矩.....	247	一 塔式退火炉的结构和工作方式.....	318
四 带钢张力.....	248	二 脱脂.....	319
五 压下位置.....	248	三 电阻加热型塔式炉.....	319
六 带钢厚度.....	248	四 带钢速度为300米/分的用煤气间接加热的塔式炉.....	324
七 带钢延伸率.....	250	五 带钢速度为150米/分的用煤气直接加热的塔式炉.....	325
第四节 调节技术和控制技术.....	250	六 带钢速度为600米/分的煤气间接加热塔式炉.....	327
一 调节技术.....	250	第六节 镀锡带钢卧式连续退火炉.....	329
二 控制技术.....	252	第七节 不锈钢退火炉.....	331
第五节 自动化技术.....	253	第八节 电工带钢退火炉.....	333
第六节 应用举例.....	254	第九节 高碳带钢调质炉.....	334
一 可逆式轧机.....	254	第十节 对缩短退火时间的特殊研究.....	334
二 平整机.....	257	第十五章 保护气体的制备及其处理 .....	338
三 连轧机.....	258	第一节 保护气体与铁之间的反应.....	338
四 特殊结构型式.....	260	第二节 杂质及合金元素对钢-保护气体之间的反应的影响.....	340
第七节 发展方向和研究课题.....	262	第三节 保护气体的制备.....	343
第十二章 热处理原理 .....	264	第十六章 冷轧带钢镀锌 .....	346
第一节 铁的晶体结构和性能.....	265	第一节 热镀锌原理.....	346
第二节 再结晶.....	267	第二节 热镀锌机组.....	349
第三节 软化退火、常化退火和调质.....	270	一 森吉米尔法.....	351
第四节 热-机械处理 .....	278	二 改进的森吉米尔法.....	352
第十三章 冷轧带钢的热处理 .....	280	三 美国钢铁公司法.....	353
第一节 碳素钢的热处理.....	280	四 柯克-诺特曼法 .....	353
一 软化退火.....	280	五 色拉斯法.....	355
二 球化退火.....	282	第三节 热镀锌机组的组成和操作特点.....	356
三 弹簧带钢的调质.....	286	一 机组的进、出口段的机械装置.....	356
第二节 低碳沸腾钢的热处理.....	286	二 退火炉的温度制度.....	357
第三节 铝镇静低碳钢的热处理.....	289	三 镀锌锅和镀锌机.....	358
第十四章 热处理设备 .....	296		
第一节 紧卷罩式退火炉.....	296		
一 单垛炉的结构和工作方式.....	296		
二 对流器、保护气体循环和退火炉台.....	298		



四 镀锌带钢的冷却	361	十 镀铅	403
第四节 镀锌带钢的后步处理	363	十一 镀金和镀银	404
一 机械出口段的处理	363	十二 用抛光法生产光泽镀层	405
二 镀锌机组外的处理	364	第三节 用复合轧制法生产的金属覆层	406
第五节 镀锌机组的产量	364	一 表面预处理	406
第六节 镀锌板的检验	364	二 镍、铜及其合金作复合覆层	407
第七节 电镀锌	365	三 铝覆层	408
一 电镀锌的原理	365	四 “P.T法”复合	411
二 电镀锌机组	365	第四节 扩散渗铬	411
第十七章 冷轧带钢镀锡	369	第五节 蒸发金属镀层	413
第一节 历史和现状	369	一 蒸发铝在高真空中的沉积	413
第二节 镀锡板原料	370	二 铝烷基气体蒸发镀铝	414
第三节 对冷轧带钢的要求	371	第六节 覆层的检验	414
第四节 锡-铁二元平衡	371	第七节 覆层工艺的发展前景及覆层材料	
第五节 热镀锡薄板生产	372	应用的推广	416
第六节 电镀锌薄板生产	374	第十九章 非金属覆层	418
一 进料段、带钢输送和带钢导向	375	第一节 有机覆层涂敷技术引言	418
二 预处理段	376	一 涂层带钢和钢板的应用及其性能	418
三 冲洗	377	二 定义和材料	419
四 电解液	378	三 发展状况	421
五 镀锡槽	379	第二节 有机涂层的涂覆机组	422
六 机组长度的比较	381	一 工艺过程概述和涂覆机组举例	422
七 电解电流的控制	381	二 进料段和出料段	425
八 电解液的控制	382	三 预处理	426
九 软熔装置	383	四 液态涂料的涂覆	430
十 后步处理	383	五 有机涂料的烘烤和胶凝	432
十一 出料段	385	六 辊压式薄膜贴合法	434
第七节 镀锡板的检验方法	385	七 后步处理	435
第八节 展望	386	第三节 有机涂料	436
第十八章 冷轧带钢的其他金属覆层	388	一 概述	436
第一节 熔浸镀层	389	二 液态涂料	441
一 热镀铅	389	1. 聚氯乙烯	441
二 热镀铝	390	2. 其他塑料	443
第二节 电镀金属覆层	390	三 涂敷用的助粘剂	444
一 预处理	392	四 用于包装及类似用途的极薄板的	
二 碱性镀铜液	393	涂漆	444
三 酸性镀铜液	394	五 塑料薄膜	446
四 碱性黄铜镀液	394	第四节 有机涂层特殊工艺	447
五 热扩散镀黄铜	396	一 粉状塑料的涂覆	447
六 无光泽镀镍	397	二 气态涂覆	447
七 光亮镀镍	400	第五节 非金属无机涂层	448
八 镀铬	401	一 电工带钢绝缘层	448
九 镀铜	402	1. 材料及磁性能	448

2. 浸涂和烘烤磷化法 .....	449	二 拉伸试验 .....	484
二 有利于深冲性的磷化处理 .....	450	三 垂直各向异性 $r$ 和加工硬化指数 $n$ .....	489
第二十章 剪切和包装 .....	452	第三节 薄板的时效试验 .....	494
第一节 薄板横剪机组的结构 .....	452	第四节 薄板的硬度测量 .....	496
一 带卷输送设备和开卷机 .....	454	第二十二章 冷轧带钢的工艺检验和	
二 矫直机 .....	454	质量问题 .....	499
三 剪边机 .....	456	第一节 冷轧带钢成型性模拟试验法分类 .....	499
四 带钢测厚装置 .....	456	第二节 拉延试验法 .....	499
五 横剪机 .....	457	一 艾氏杯突试验 .....	499
六 分类台 .....	459	二 用椭圆形冲头和抛物线形冲头进行的	
七 涂油机 .....	459	深冲试验 .....	502
八 堆垛装置 .....	460	三 液压式深冲试验 .....	502
第二节 配置横剪机组的薄板精整间 .....	462	四 K.W.I扩孔法 .....	503
一 配置固定剪的横剪机组 .....	462	五 H.Güth 拉延试验法 .....	503
二 配置模式剪的横剪机组 .....	462	第三节 深冲试验法 .....	504
三 配置摆式飞剪的横剪机组 .....	462	一 Blume 拉延值 .....	505
四 配置转鼓式飞剪的横剪机组 .....	463	二 AEG 杯突试验法 .....	505
五 冷轧厂横剪机组的设计 .....	464	三 M.Schmidt 评定法 .....	505
第三节 镀锡板横剪机组 .....	465	四 H.W.Swift 深冲试验 .....	506
第四节 切边剪及纵剪机组的结构 .....	466	五 H.Beiswänger二次深冲试验法 .....	507
一 带卷供送装置和开卷机 .....	467	六 深冲试验法与生产结果的比较 .....	507
二 切头剪 .....	467	七 S.Fukui 锥形深冲试验 .....	508
三 焊接机 .....	467	第四节 楔形试样拉伸试验法 .....	510
四 矫直机 .....	467	一 G.Sachs 楔形试样拉伸试验法 .....	510
五 切边、纵剪机 .....	468	二 H.W.Swift 楔形试样拉伸试验法 .....	510
六 卷取机和带卷输出装置 .....	469	第五节 成型性的复合模拟试验法 .....	511
第五节 配置剪边、纵剪机组的精整间		一 楔形试样深冲和拉伸复合试验法 .....	511
设施 .....	471	二 深冲和扩孔复合试验 .....	511
一 剪边和纵剪成较宽带钢的机组 .....	471	三 深冲和拉伸复合试验法 .....	512
二 生产多根纵剪窄带钢的纵剪机组 .....	471	第六节 模拟试验法的参数与加工硬化指数	
第六节 包装 .....	472	$n$ 和垂直各向异性值 $r$ 的比较 .....	513
一 钢板的包装 .....	473	第七节 冷轧带钢表面粗糙度的测量 .....	516
二 带卷的包装 .....	476	一 垂直测值 .....	516
第二十一章 冷轧带钢的取样、机械		二 测量结果的评定 .....	518
检验和时效检验 .....	480	三 测量方法 .....	519
第一节 冷轧带钢取样 .....	480	第八节 冷轧带钢的缺陷 .....	520
第二节 拉伸试验 .....	481	一 冶金缺陷 .....	520
一 试样制备 .....	481	二 轧制缺陷和精整缺陷 .....	521

# 第一章 冷轧厂的组成

冷轧带钢的用途极广。低碳镇静钢或沸腾钢的冷轧薄板，可以制造汽车车身、冰箱外壳以及许多其它冲压件和深冲件；低碳沸腾钢或镇静钢的冷轧镀锡板，可以制造罐头盒、喷雾器筒及类似产品；由X12CrNi18 8<sup>●</sup>或X5Cr17<sup>●</sup>钢制成的冷轧不锈带钢，可用于制造化工设备、洗衣机、冲洗槽和餐具等；经冷轧和随后退火的电工硅钢带，可用于制造如电动机、变压器、发电机和各种其他电气设备的电磁回路中的铁芯叠片。高碳冷轧调质带钢及经其它热处理的带钢，可用于制造可淬硬的部件如弹簧板或锯片。

电镀锌、热镀锌、镀镍、镀铬、镀铜、镀铝或涂塑料的带钢比例不断增加。它们有着多方面的特殊用途。例如热镀锌钢板（有一部分也涂漆或塑料），在建筑工程中用作建筑物的外墙皮；而镀镍、镀铬和镀铜带钢，则多用来制作装饰件。

根据上述各种不同的产品，可以建成各种类型的冷轧厂。本章主要阐述宽带钢冷轧厂。至于中宽带钢和窄带钢冷轧厂的组成，在很多方面与宽带钢冷轧厂相似，但往往很复杂，特别是在进行电镀或涂层等表面处理，或者加工高碳钢或其他特殊钢时，设备更复杂。

本书中的表和图，只能粗略地介绍带钢的生产过程和性能，因此叙述得较简单。表1-1仅举了几个例子，说明各种冷轧带钢的主要性能，从中看不出细节问题，也不可能得出进一步的结论。

图1-1a表示冷轧薄板厂的组成。它可提供光亮薄板、热镀锌薄板、电镀锌薄板或最后涂漆或塑料的薄板。

热轧带钢卷为冷轧厂的原料，其厚度一般为1.5~6毫米，宽度在2000毫米以下。热轧带

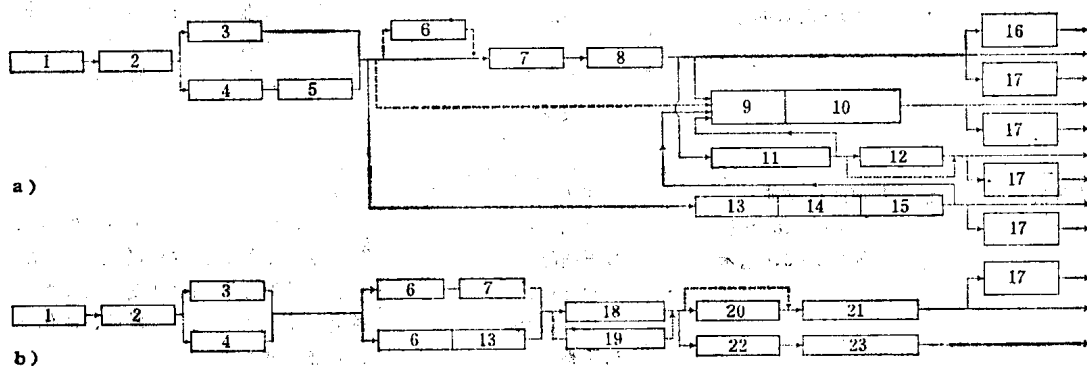


图 1-1 薄板、镀锌板、涂塑料板以及镀锡板的生产

a) 生产薄板、镀锌板和涂塑料板的冷轧厂 b) 生产镀锡板的冷轧厂

- 1—热轧带钢仓库 2—连续酸洗 3—连轧机组 4—可逆式轧机 5—重卷机 6—脱脂 7—单式退火 8—平整机 9—预处理 10—涂塑料或漆 11—电镀锌 12—后步处理 13—连续退火炉 14—热镀锌 15—矫直 16—重卷机和切边机 17—横剪机和纵剪机 18—平整机 19—二次冷轧机 20—带卷预处理 21—电镀锌 22—横剪机 23—热镀锌

● X12CrNi18 8 相当于我国的1Cr18Ni9——译者注。  
● X5Cr17 相当于我国的1Cr17——译者注。

表 1-1 冷轧带钢生产举例

品 种	热 轧 带 钢	生 产 工 序	成 品 规 格
薄板(基本品种)	钢: St10 <sup>①</sup> 含碳: <0.15% 厚度: 约1.8~5.00毫米 宽度: 600~2000毫米	1.酸洗 2.冷轧 3.再结晶退火 4.平整	宽度: 600~2000毫米 厚度: 0.5~3.00毫米 $\sigma_B = 28 \sim 25$ 公斤/毫米 <sup>2</sup> 板面类别和其它性能按DIN1623第一章 尺寸公差按DIN1541第一章
特深冲薄板镇静钢	钢: RRSt14 <sup>②</sup> 含碳: <0.10% 含铝: >0.02% 厚度: 约1.5~5.00毫米 宽度: 600~2000毫米	1.酸洗 2.冷轧 3.再结晶退火 4.平整	宽度: 600~2000毫米 厚度: 0.5~3.00毫米 $\sigma_B = 28 \sim 38$ 公斤/毫米 <sup>2</sup> $\sigma_S < 24$ 公斤/毫米 <sup>2</sup> $\delta_{L=80} = 30\%$ 深冲、板面光洁度和其它性能按DIN1623第一章 尺寸公差按DIN1541第二章
热镀锌薄板	钢: USt10-USt14 <sup>③</sup> 特殊情况 下为RRSt14 厚度: 约1.8~5.0毫米 宽度: 600~1500毫米	1.酸洗 2.冷轧 3.常化退火或再结晶退火 4.热镀锌 5.拉伸矫直 (6.平整)	宽度: 600~1500毫米 厚度: 0.24~3.00毫米 锌层按三点取样: 225~650克/米 <sup>2</sup> , 双面; 抗拉强度、延伸率、折叠试验、锌 花形成、表面再处理和其它性能按西德镀 锌协会(DVV)关于“镀锌薄板特性” 的特种规定 尺寸公差按DIN1541第一章 基本品种 $\sigma_B < 50$ 公斤/毫米 <sup>2</sup> 深冲品种 $\sigma_B < 38$ 公斤/毫米 <sup>2</sup>
电镀锌薄板	钢: 各种薄板钢种 厚度: 约1.5~5.0毫米 宽度: 600~约1500毫米	1.酸洗 2.冷轧 3.再结晶退火 4.平整 5.清洗 6.电镀锌 7.再处理	宽度: 600~1500毫米 厚度: 0.25~3.00毫米 锌层(标准): 18~54克/米 <sup>2</sup> (每面) 也可单面镀锌 工艺数据和尺寸公差同薄板
涂塑料带钢	钢: 各种薄板钢种 宽度: 600~约1800毫米 厚度: 约1.5~5.0毫米	1.酸洗 2.冷轧 3.再结晶退火 (4a.热镀锌) (4b.电镀锌) 5.平整 6.清洗和预处理 7.涂塑料或漆	宽度: 600~1800毫米 厚度: 0.30~1.50毫米(2.00毫米) 性能同薄板或镀锌板,色彩、光亮、硬 度、抗磨强度和粘附强度、可变形性、耐 热性、耐光性、适应气候性、耐化学作用 性均根据用户要求; 尺寸公差同薄板
未镀锡薄板	钢: 钢种根据订货硬度 宽度: 约1100毫米以下 厚度: 1.50~3.50毫米	1.酸洗 2.冷轧 3.脱脂 4.再结晶退火 5.平整	宽度: 1000毫米以下 厚度: <0.50毫米 硬度和深冲性能按DIN1616或欧洲标 准77~63 尺寸公差按DIN1540或欧洲标准78~ 63

(续)

品 种	热 轧 带 钢	生 产 工 序	成 品 规 格
电镀锡板	钢: 钢种根据订货硬度 宽度: 1100毫米以下 厚度: 1.50~3.50毫米	1.酸洗 2.冷轧 3.再结晶退火 4.平整 5.电镀锡	宽度: 1000毫米以下 厚度: <0.50毫米 锡层: 5.6~22.4克/米 <sup>2</sup> 双面或差厚镀锡 硬度、深冲性能和板面质量按DIN1616 或欧洲标准77-63 尺寸公差按DIN1540或欧洲标准78-63
热镀锡板	钢: 钢种根据订货硬度 宽度: 1100毫米以下 厚度: 1.50~3.50毫米	1.酸洗 2.冷轧 3.再结晶退火 4.平整 5.横切 6.热镀锡	宽度: 1000毫米以下 厚度: <0.50毫米 锡层: 24~30克/米 <sup>2</sup> 硬度和深冲性能按DIN1616或欧洲标准 77-63 尺寸公差按DIN1540或欧洲标准78-63
镍铬带钢	钢: X 5 CrNi 18 9 <sup>④</sup> 宽度: 1500毫米以下 厚度: 3.0~6.0毫米	1.在连续退火炉中再结晶退火 2.除鳞 (3.修磨) 4.冷轧 (5.中间退火) 6.冷轧 7.最终退火 8.平整或光整	宽度: 400~1250毫米 厚度: 0.3~3.0毫米 板面、抗拉强度、屈服极限、延伸率、 硬度和尺寸公差根据用户要求
铬钢带钢	钢: X8 Cr 17 <sup>⑤</sup> 宽度: 1350毫米 厚度: 3.0~6.0毫米	1.在罩式炉内再结晶退火 2.除鳞 (3.修磨) 4.冷轧 (5.中间退火) (6.冷轧) 7.最终退火 8.平整或光整	宽度: 400~1200毫米 厚度: 0.3~3.0毫米 板面、抗拉强度、屈服极限、延伸率、 硬度和尺寸公差根据用户要求
电机带钢	钢: <3.0% Si 宽度: 1250毫米 厚度: 2.0~2.5毫米	1.常化退火 2.除鳞 3.冷轧 4.脱碳退火 5.再结晶退火 6.涂绝缘材料	宽度: 1000毫米 厚度: 0.5毫米 尺寸公差、铁损、磁感、占空系数、弯 曲值、冲压性能和绝缘性能均根据用户要 求
变压器带钢	钢: 约3.5% Si 宽度: 1000毫米 厚度: 2.0~2.5毫米	(1.常化退火) 2.喷丸除鳞和酸洗 3.冷轧至中间厚度 4.再结晶中间退火 5.冷轧至最终厚度 6.脱碳退火 7.晶粒取向高温退火 8.热矫直 9.涂绝缘材料	宽度: 800毫米 厚度: 0.35毫米 尺寸公差、铁损、磁感、弯曲值、冲压 性能和绝缘根据用户要求

①St10 相当于我国的10——译者注。

②RRSt14 相当于我国的08——译者注。

③USt10-USt14 相当于我国的08F——译者注。

④X5 CrNi 18 9相当于我国的0Cr18 Ni9——译者注。

⑤X8Cr17相当于我国的Cr17——译者注。

钢首先要进行除鳞，否则，氧化铁皮在冷轧时会压入带钢表面而造成不良的板面，并很快地磨损轧辊，因此带钢要进行酸洗。通常是在3~5个酸洗槽内连续酸洗，酸洗槽内盛硫酸，最近也有用盐酸的。带钢酸洗后，在冷轧机组轧至要求的最终厚度。产量低时，用一台四辊可逆式轧机；产量高时，则用3~5个机架的连轧机。

带钢在冷轧时，产生加工硬化，所以不适于以后的深冲或拉伸变形加工。为了再加工，必须使带钢重新具有可塑性的组织，故在冷轧后，将带钢放在罩式炉内进行再结晶退火。

如果用可逆式轧机进行轧制，则往往须在罩式炉退火之前进行重卷。其原因是，在可逆式轧机上轧制时，带钢张力很大，以致卷紧的带钢在退火高温下会粘接起来，从而在以后的加工中，使带钢表面产生所谓粘结条痕。重卷以后，带钢张力就减小到无害的程度。

退火后的带钢不能接着继续加工，因为这样的带钢在继续加工或变形时，容易产生滑移线和扭折线。

因此带钢需在平整机上以1~3%的压下量进行平整。这种轻微的变形，能暂时消除滑移线和扭折线的出现，其变形量很小，并不影响拉伸和深冲的可变形性。当然，对于沸腾钢来说，产生滑移线和扭折线，仅在有限的时间内受到抑制，数星期后又会出现。一般来说这样的抑制，能够满足继续加工的需要。此外通过平整，有利于使带钢平直，通过平整辊，可使带钢表面具有一定的光洁度，有利于以后深冲时的润滑。

经过平整的带钢可以成卷交货，也可送到横剪机组精整，一部分进行剪边，再剪成单张矩形薄板并涂油。

若用户所需的带钢宽度仅为轧制宽度的二分之一或三分之一，为了充分利用设备，可将带钢以全宽轧制，最后在纵剪机组上分剪成窄带钢。

如果需要热镀锌的冷轧带钢，一般由冷轧机出来后，直接送到连续镀锌机组。带钢在该机组中脱脂、常化或再结晶退火和热镀锌。镀锌机组末端设有卷取机或横剪机，带钢既可成卷交货，也可成张交货。

经过退火和镀锌的带钢，容易产生滑移线，它被锌层复盖着。镀锌后通常不进行平整，因为平整会使带钢表面发生变化，所以在镀锌机组的出口处，将带钢在张力下进行拉伸矫直，通过这样的方法防止产生扭折。通过退火处理和平整，可以改善带钢镀锌后的变形性能，以提高深冲能力。

电镀锌所得到的锌层比热镀锌薄，它特别适于用作涂漆和塑料的粘附底层。经过冷轧、退火和平整后，带钢就进行连续电镀锌，一般还要作化学再处理。有的设备只能镀单张薄板。和所有其它电镀法一样，电镀锌也可以单面镀或作差厚双面镀。

冷轧镀锡带钢厂的组成（图1-1b）与冷轧薄板厂相似。虽然原则上可以建造既能轧制镀锡板又能生产汽车钢板的联合轧机，但是一般都将两种产品分开和在专门厂生产。

带钢经过通常的酸洗后，在可逆式轧机或连轧机上冷轧至最终厚度。因为镀锡板的最终厚度比一般的冷轧薄板薄，所以轧制镀锡板的连轧机通常有五个机架，有时也有六个机架的。为了增大必要的压下量，一般采用棕榈油，以改善轧制时的润滑。

轧制薄板所用的轧制乳化液，在退火过程一开始就被蒸发掉，而棕榈油和棕榈油乳化液，要在退火前在专门的脱脂机组中进行脱脂，以免带钢表面上留有有害残渣。

需在罩式炉中退火的镀锡带钢，先要通过连续脱脂机组。脱脂机组一般采用碱性清洗液，并通过电解气体分离强化脱脂。

镀锡板退火所用的罩式炉，与薄板所用的相同。当要求镀锡带钢具有特别良好的可变形性时，由于这一要求，必然使所需的退火时间较长，所以在这种情况下，都采用罩式退火炉。

目前有越来越多的镀锡带钢，是在立式或卧式连续退火炉中进行退火的。这种炉子的退火和冷却时间很短，使带钢具有较高的硬度。经过连续退火处理的带钢强度比较均匀，这对于某些特定用途是有利的。脱脂机组直接设在连续退火炉的前面。

退火后的带钢在单机架平整机上平整，但是大多数是在双机架串列式平整机上进行平整的。采用双机架串列式平整机，可以较精确地控制带钢性能和光整度。

所谓的二次冷轧镀锡板，就是特别薄的镀锡板。生产这种镀锡板时，带钢于退火后，在另外一个轧机上再次进行冷轧，其压下量约为30%。因此，带钢不仅具有较小的厚度，而且也提高了刚性。

需要热镀锡的带钢经过平整后，首先剪切成单张薄板，然后通过热镀锡装置。

需要电镀锡的带钢，往往先在准备机组上重卷，并同时剪边和检查厚度误差与针孔。必要时，还得将几个带卷焊接起来，使之符合镀锡机组的理想卷重，以充分利用后面的快速镀锡机组。

带钢在电镀锡机组上连续进行预清洗、酸洗、冲洗、镀锡、通过软熔使锡层光亮、钝化和涂油。镀锡机组末端设有卷取机或横剪机，带钢可成卷交货或成张交货。镀锡带钢常常要涂漆。

如图1-2a所示，特殊钢的加工过程相当复杂。下面举一个例子来说明。但须指出，主要根据各厂的经验和对成品的要求不同，可将修磨和中间退火这两道工序安排在生产流程中的其它地方。

热轧带钢先在带卷准备机组上拼卷和剪边。随后铁素体铬钢在罩式炉中于800~850℃的温度下进行再结晶退火，为了将难以酸洗掉的氧化铁皮去掉，带钢在退火酸洗机组上先进行喷丸除鳞，然后再进行酸洗。

奥氏体镍铬钢在热轧带钢退火酸洗机组上，先在约1050℃温度下连续退火、喷丸除鳞和酸洗。然后根据不同的表面质量要求，部分带钢将通过修磨设备。接着，带钢进行冷轧。以前通常采用四辊可逆式轧机，现在已广泛应用多辊轧机，主要是二十辊轧机。这是一种可逆式轧机，其工作辊直径小而带钢张力大，因此能大大增加压下量。如带钢发生加工硬化而不能继续轧制时，需将带钢在中间退火酸洗机组上退火，然后在冷轧机上继续轧到所需的最终厚度。

达到最终厚度后，就将带钢进行最终退火。这里也可用退火酸洗联合机组，通常就用同一设备进行中间退火和最终退火。

如果要求特殊钢带钢成品具有光亮如镜的表面，则带钢应在有特殊保护气体的光亮退火炉中进行最终退火。这种炉的主要型式是塔式炉。光亮退火的优点是：带钢表面在退火气氛中不生成氧化铁皮，因而也不需要再酸洗，能保持冷轧带钢的光亮。

轧成并经退火的带钢，最后在二辊光整机上进行一个道次的光整，同时也起到消除滑移线和扭折线的作用，并通过研磨得相当光亮的轧辊，来控制所需的表面光亮度或进一步改善光亮度。成品带钢既可以成卷交货，也可以通过纵剪机组或横剪机组，剪切成窄带卷或成张交货。

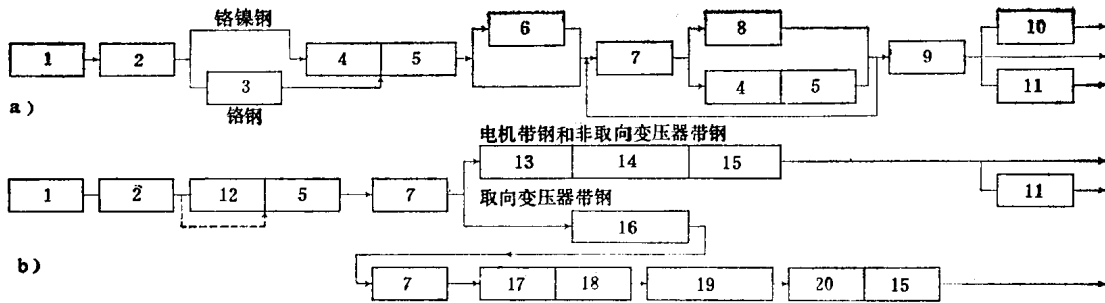


图 1-2 不锈钢带钢和电工带钢的生产

a) 不锈钢带钢冷轧厂 b) 电工带钢冷轧厂

1—热轧带钢仓库 2—带卷准备机组 3—罩式退火 4—连续炉 5—除鳞 6—修磨机组 7—可逆式轧机 8—光亮退火炉 9—二辊光整机 10—横剪机组 11—纵剪机组 12—连续常化炉 13—脱碳退火 14—再结晶退火 15—涂绝缘层 16—中间退火 17—连续脱碳退火炉 18—隔离涂层 19—取向退火罩式炉 20—热矫直

电机带钢或非取向变压器带钢和晶粒取向变压器带钢等电工带钢的生产方法是不一样的。

如图1-2b所示，电机带钢和非取向变压器带钢，先在酸洗机组上除鳞，或在退火酸洗机组上于 $850\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行常化退火和除鳞，从而得到易于变形的组织。随后将带钢进行冷轧，冷轧后在连续退火炉中，带钢先在湿氮氢气氛中，于 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行脱碳退火，以便尽量减小时效敏感性。然后在同一机组中，以高至 $1150^{\circ}\text{C}$ 的温度退火，使其晶粒长大和具有良好的电气性能。接着，带钢在同一机组中或在其他机组中加绝缘层，如漆、绝缘纸或磷酸盐。

晶粒取向变压器带钢，在热轧后一般先在约 $850\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行常化退火，使带钢具有可变形的组织，接着进行酸洗。然后带钢进行冷轧，此时带钢产生强烈的加工硬化，因此带钢在轧到最终厚度（ $0.28\sim 0.35$ 毫米）以前，必须进行再结晶中间退火。随后带钢在连续退火炉中，以湿氮氢气氛于 $750\sim 850^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行脱碳退火。为了避免带钢在以后的高温退火中产生粘结，将带钢涂上很薄的隔离层。因为晶粒组织的形成需要较长的退火时间，所以接着将晶粒取向变压器带钢放在罩式炉内，于 $1100\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行高温退火。最后工序为在连续炉中，约 $800^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行热矫直，使带钢具有必要的平直度，并涂敷漆、绝缘纸或磷酸盐等绝缘材料。

### 参 考 文 献

Heintz, P.: Bandbehandlungsanlagen für warm- und kaltgewalztes Breitband. Klopzig Fachber. 1966, S. 424/31.



## 第二章 冷轧厂的厂内运输

Erwin A. Spenle'

### 第一节 选择冷轧厂内运输设备时的基本考虑

本章介绍冷轧厂内的运输设备。为了精简篇幅，对于一般熟悉的、并且也用于其他厂的典型运输设备就不介绍了。本文着重介绍宽带钢冷轧厂的专用运输设备。这些设备经过型号修改，也可用于窄带钢和中宽带钢厂中。

选择运输设备时，不仅应考虑单纯的技术数据，而且应着重考虑其经济效果、冷轧厂内的工艺流程、运输安全以及带钢在运输过程中的损伤问题。

运输设备占冷轧厂总投资的10%左右，其生产费用占生产总费用的15%左右，因此，运输设备的经济效果不容忽视。廿年前，主要采用吊车运输方式。但是吊车是起重工具，而不是运输工具。吊车的有效负载与自重之比很低。正由于这种原因，近年来出现许多运输设备，不仅能够减轻吊车负担，而且能提高经济效果。

冷轧厂所需要的运输设备取决于工艺流程。充分了解常用的运输设备，通过合理布置生产设备来改进工艺流程，以便最经济地采用运输设备，这在冷轧厂的设计中十分重要。往往由于不能得到理想的厂房用地，不得不修改理想方案，尽管如此，仍应时刻不忘理想方案。对于生产设备的每一更改，都应考虑采用尽可能简单的运输设备。

经验表明，板垛和带卷运输采用吊车时，事故危险比固定式运输设备高。即使采用其他型式的运输设备，也必须考虑尽量减少事故危险。这是考虑某一运输设备好坏的出发点之一。

在设计和选择运输设备时，带钢的无损运输也是重点考虑的一个方面。由于运输设备选择不当，很容易使2%的产品报废。如果运输设备选择适当，可大大减少损耗率。

有时必须运输立放带卷，有时又必须运输卧放带卷，或者从一道工序至另一道工序

时，必须把带卷放倒或竖起来，这是无法避免的。从侧面看，带卷好象一个反“6”或正“6”字形（图2-1）。设计冷轧厂时，首先就应确定采用反“6”还是正“6”方式。正“6”和反“6”混合方式往往带来困难，也对机组今后的扩建不利。

所有的运输设备都应编入设备卡中，所有技术数据都登入这些卡片中。这样便于掌握情况，有利于生产设备的安装、扩建和维护。

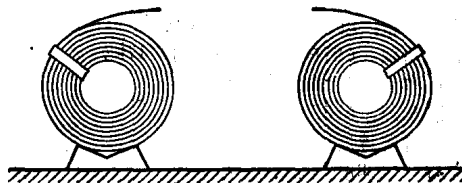


图 2-1 正“6”和反“6”形带卷