

冷轧带钢的质量与检查

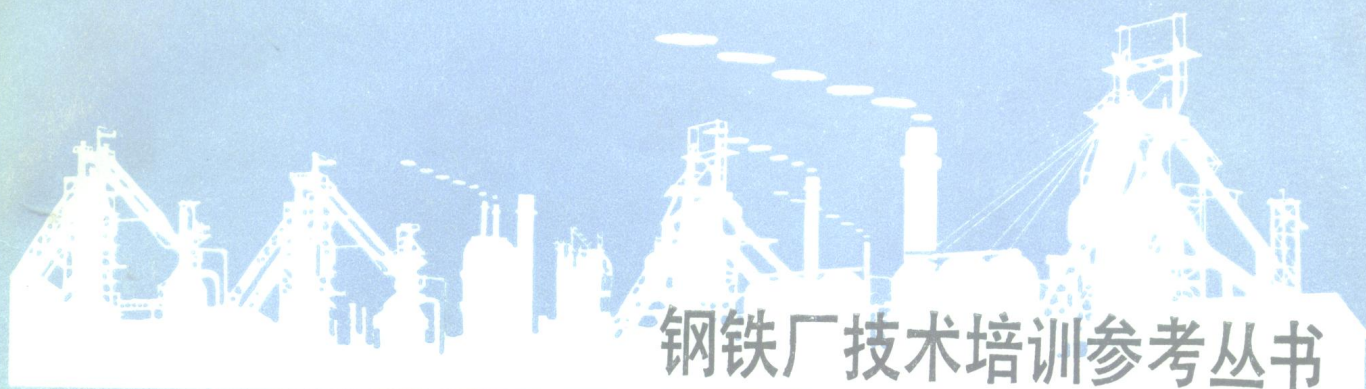
冶金工业出版社

335.5

-2

版

上



钢铁厂技术培训参考丛书

冷轧带钢的质量与检查

冶金工业出版社

钢铁厂技术培训参考丛书

冷轧带钢的质量与检查

张耀兴 译

任崇信 校

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书是《钢铁厂技术培训参考丛书》之一，系冷轧带钢的质量与检查。全书共分六章，介绍了冷轧带钢的质量和用途，冷轧带钢的生产工艺和设备，冷轧带钢的性能、尺寸、形状和表面质量检查，冷轧带钢的材料试验以及冷轧带钢标准。为了便于读者学习和查阅，书中还附有教学指导书，对有关名词做了较详尽的解释。

本书可供钢铁厂工人及干部阅读，也可供技工学校和中等专业学校有关专业师生参考。

盛桂浓同志也参加了本书的校阅工作。

22608/29

钢铁厂技术培训参考丛书

冷轧带钢的质量与检查

张耀兴 译

任崇信 校

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 12 1/4 字数 284 千字

1985年5月第一版 1985年5月第一次印刷

印数00,001~1,200册

统一书号: 15062·4163 定价1.95元

出版说明

《钢铁厂技术培训参考丛书》(以下简称《丛书》)是为了适应我国钢铁企业开展职工技术培训工作的需要,由我社组织翻译的一套日本的技术培训教材,拟分册陆续出版,由我社内部发行,供钢铁企业开展技术培训时参考,也可以供具有初中以上文化程度的职工自学技术时参考。

这套《丛书》包括技术基础知识11本,专业概论8本,冶炼和轧钢专业知识46本(冶炼专业13本,轧钢专业33本),共计65本(具体书名见书末的《钢铁厂技术培训参考丛书》书目)。

这套《丛书》所介绍的工艺、设备和管理知识,取材都比较新,反映了日本钢铁工业的技术水平和管理水平。这套书在编写时,对理论方面的知识,作了深入浅出的表达;对设备方面的知识,配有大量的结构图,简明易懂;对工艺方面的知识,给出了较多的操作工艺参数,具体明确。这套《丛书》的编写特点可以概括为:新、广、浅,即所介绍的知识比较新,所涉及的知识面比较广,内容的深度比较浅。

为了便于教和学,书的每章都附有练习题,概括了该章的主要内容;每本书的后面都附教学指导书,既有技术内容的补充深化和技术名词的解释,又有练习题的答案。

根据我们了解,日本对这套书的使用方法是:技术基础知识部分和专业概论部分是所有参加培训学员的共同课程;冶炼和轧钢专业知识部分是供专业教学用的。由此可以看出,日本的职工技术培训,主要强调的是扩大知识面。强调现代钢铁厂的工人,应该具有广博的科技知识。这一点,对我们今后制订技工学校和职工技术培训的教学计划,是会有参考意义的。

我们认为这套《丛书》不仅适合钢铁企业技工学校和工人技术培训作教学或自学参考书,也可作中等专业学校编写教材的参考书,其中的技术基础知识部分和专业概论部分也可作各级企业管理干部的技术培训或自学参考书。

在翻译和编辑过程中,对原书中与技术无关的部分内容我们作了删节。另外,对于原书中某些在我国尚无通用术语相对应的技术名词,我们有的作为新词引进了;有的虽然译成了中文,但可能不尽妥当,希望读者在使用过程中进一步研讨。

参加这套《丛书》翻译、审校工作的有上海宝山钢铁厂、东北工学院、鞍山钢铁公司、北京钢铁学院、武汉钢铁公司、冶金部情报研究总所等单位的有关同志。现借这套《丛书》出版的机会,向上述单位和参加工作的同志表示感谢。

整套《丛书》的书目较多,篇幅较大,而翻译、出版时间又较仓促,书中错误和不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

一九八〇年二月

前 言

本书是为从事冷轧带钢质量检查实际操作的人员进行技术教育而编写的，由下述内容组成。

第1章是介绍冷轧带钢的特点和用途，着重说明冷轧带钢的各种性质，同时，还解释了表示质量的特性值具有什么意义。

第2章记述了冷轧带钢的生产工序、生产方法和生产设备的概况。

在第3章中，为了使大家理解冷轧带钢的性质，对作为产生这些性质的基础理论，例如相变与组织，结晶和塑性变形等，进行了通俗易懂的说明。并解释了冷轧带钢的性能——加工性能、焊接性能、时效性能、耐蚀性能、可涂漆性能等。

第4章叙述了冷轧带钢的尺寸、形状、表面外观以及内部缺陷的检查方法，并进一步对尺寸、形状不良和表面、内部缺陷的生成原因和防止措施作了说明。

第5章记述了有关材料试验，如拉伸试验、成形性试验、硬度试验和抗弯试验。

特别是有关冲压成形性能的评价方法以及其发展情况，在指导书中也进行了详细地说明，请参阅指导书。

第6章是以日本工业标准 JIS 为例，对标准作了解释。同时，也简单地介绍了外国标准和国际标准。

希望要对上述提及的冷轧带钢的性能及影响性能的各种因素，还有各种检查方法，次品、缺陷的生成原因及消除措施等很好地理解。

在编写本教科书时，对其内容虽在尽可能通俗易懂方面作了努力，但难懂的部分依然存在，对此正在寻求解决方法，故请读者对本书多多提出疑问和改进之点，以便进一步改进。

目 录

第1章 冷轧带钢的质量与用途	1
1. 冷轧带钢的特点和用途	1
2. 冷轧带钢的种类	2
3. 表示冷轧带钢质量的各种特性值	3
(1) 面板用带钢	3
(2) 加工用带钢	3
(3) 搪瓷用带钢	5
第2章 冷轧带钢的生产工艺和设备	7
1. 冷轧带钢的生产工艺概述	7
(1) 生产工艺概述	7
(2) 生产尺寸范围	8
2. 坯料生产过程	8
(1) 炼钢过程	8
(2) 初轧过程	12
(3) 热轧过程	14
3. 冷轧	16
(1) 酸洗	16
(2) 冷轧	19
(3) 脱脂	25
(4) 退火	26
(5) 平整轧制	32
(6) 精整	34
练习题	37
第3章 冷轧带钢的性质	41
1. 低碳钢的组织 and 相变	41
(1) 钢的化学组成	41
(2) 钢的组织 and 相变	41
(3) 铁-碳合金状态图	43
2. 化学元素对冷轧带钢各种性能的影响	45
(1) 碳 (C)	45
(2) 硅 (Si)	45
(3) 锰 (Mn)	46
(4) 硫 (S)	46
(5) 磷 (P)	47
(6) 铜 (Cu)	47
(7) 镍 (Ni)	48
(8) 铬 (Cr)	48
(9) 锡 (Sn)	48
(10) 砷 (As)	48
(11) 氧 (O)	48
(12) 氮 (N)	49
(13) 氢 (H)	49
(14) 铝 (Al)	49
(15) 钛 (Ti)	50
3. 塑性变形和再结晶	52
(1) 加工硬化	52
(2) 软化再结晶	52
4. 加工性能	53
(1) 冷轧带钢的加工性能	53
(2) 加工性能和生产条件	54
(3) 加工性能和质量等级	58
5. 晶粒度和非金属夹杂物对机械性能的影响	60
(1) 晶粒度的影响	60
(2) 非金属夹杂物的影响	64
6. 焊接性能	67
7. 时效性	67
(1) 冷轧带钢的时效现象	67
(2) 滑移线	88
8. 耐腐蚀性	69
(1) 冷轧带钢的耐腐蚀性和表面处理	69
(2) 耐大气腐蚀带钢	69
9. 可涂瓷性	70
(1) 涂搪瓷用带钢	70
(2) 搪瓷用带钢的特性和管理	72
练习题	74
第4章 冷轧带钢的尺寸、形状以及表面质量与检查	77
1. 尺寸	77
(1) 厚度	77
(2) 宽度	77
(3) 长度	79
2. 形状	80
(1) 平坦度	80
(2) 镰刀弯	90

(3) 直角度	90	(1) 抗弯试验	126
3. 表面质量	91	(2) 抗弯试验机	127
(1) 表面粗糙度	91	(3) 抗弯试验方法	127
(2) 表面缺陷及其产生原因	95	4. 硬度试验	129
(3) 表面外观检查(肉眼检查和自动探伤)	103	(1) 硬度试验方法	129
4. 内部缺陷	105	(2) 硬度的换算和硬度与抗拉强度的关系	132
(1) 内部缺陷及其产生原因	105	练习题	133
(2) 内部缺陷的控制方法	106	第6章 冷轧带钢的标准	136
练习题	107	1. 日本标准	136
第5章 材料试验(机械性能试验)	109	(1) 日本工业标准JIS	136
1. 拉伸试验	110	(2) 其它日本标准	143
(1) 拉伸试验机	110	2. 外国标准	144
(2) 拉伸试样	111	(1) ASTM标准	144
(3) 载荷—延伸率曲线	112	(2) AISI标准和SAE标准	146
(4) 对拉伸试验各种特性值的测定	112	(3) BS标准	148
(5) n值和r值	115	(4) DIN标准	148
2. 成形性能试验	116	(5) ISO标准	148
(1) 冲压成形性能试验和试验方法	117	练习题	150
3. 抗弯试验	126		

教 学 指 导 书

第1章 冷轧带钢的质量和用途	151	1—18 二次加工脆性	153
1. 学习目的	151	1—19 织构	154
2. 术语解释和补充说明	151	1—20 固溶元素	154
1—1 化学成分	151	1—21 合金元素	154
1—2 物理性质	151	1—22 晶粒度	154
1—3 冶金学特性	151	1—23 析出物	154
1—4 机械性能	151	1—24 夹杂物	154
1—5 浪形变化率	151	1—25 位错	154
1—6 冲裁性能	151	第2章 冷轧带钢的制造方法和设备	154
1—7 成形性能(冲压成形性能)	152	1. 学习目的	154
1—8 形状性(形状稳定性)	152	2. 术语解释和补充说明	155
1—9 非时效性	152	2—1 造渣剂	155
1—10 表示加工性能的特性	152	2—2 钢渣	155
1—11 P.E.I.指数	152	2—3 状态图	155
1—12 挠度值, 挠度量	152	2—4 偏析	155
1—13 相变温度	152	2—5 A_{r_3} 点	155
1—14 应力—应变曲线	152	2—6 轧机刚性	155
1—15 n值	152	2—7 板厚自动控制(AGC)	155
1—16 r值	152	2—8 非时效性钢板	155
1—17 出花边	152		

3. 练习题答案.....	155	4—5 形状检测器.....	166
第3章 冷轧带钢性能	156	4—6 自动探伤装置.....	167
1. 学习目的.....	156	3. 练习题答案.....	169
2. 术语解释和补充说明.....	156	第5章 材料试验(机械性能试验)	169
3—1 锻接性能.....	156	1. 学习目的.....	169
3—2 织构.....	156	2. 术语解释和补充说明.....	169
3—3 滑移线.....	156	5—1 冲压成形性的历史.....	169
3—4 转变温度.....	158	5—2 形状稳定性.....	171
3—5 超声波探伤.....	158	5—3 冲压时变形方式的分类.....	174
3. 练习题答案.....	158	5—4 材料特性和冲压成形性能的关系	
第4章 冷轧带钢尺寸、形状以及表面			177
质量和检查	158	5—5 织构和冲压成形性能的关系.....	179
1. 学习目的.....	158	3. 练习题答案.....	181
2. 术语解释和补充说明.....	159	第6章 冷轧钢板和带钢的标准	181
4—1 板厚自动控制装置 (A.G.C.)		1. 学习目的.....	181
.....	159	2. 术语解释和补充说明.....	182
4—2 展宽、缩幅.....	161	6—1 JIS (日本工业标准)	182
4—3 表示形状的指数.....	163	6—2 ISO/DIS3574 (一般用和深冲用	
4—4 热轧带钢和冷轧带钢的纵剖面图		冷轧碳素钢板和带钢)	183
.....	164	3. 练习题答案.....	184
附:《钢铁厂技术培训参考丛书》书目	185		

第1章 冷轧带钢的质量与用途

1. 冷轧带钢的特点和用途

众所周知，薄带钢中有热轧薄带钢和冷轧薄带钢。冷轧带钢的特点将通过与热轧带钢的比较加以说明。热轧带钢用热轧带钢轧机生产。将厚度为100~300毫米左右的板坯加热到800℃以上，在热轧带钢机上，轧成厚1.2~16毫米的带钢。热轧带钢表面通常被锈膜覆盖。因此，多数热轧带钢使用在不要求表面光亮，只要求有一定强度的一般结构件上。冷轧带钢用冷轧带钢轧机生产，系将热轧板卷经过酸洗，去掉表面氧化铁皮，于常温下在冷轧带钢机上冷轧至0.15~3.2毫米厚，再经过退火和在平整轧制工序进行平整轧制，轧成冷轧带钢的。即经过酸洗——冷轧——退火——平整这种工艺。冷轧带钢和热轧带钢相比有如下优点：

- ① 表面光亮；
- ② 平坦度好；
- ③ 冲压加工性能优异；
- ④ 生产薄规格的钢板容易，而且厚度、精度优良。

热轧带钢和冷轧带钢质量的比较如表 1-1 所示。冷轧带钢大部分用途是利用冷轧带钢

表 1-1 热轧带钢和冷轧带钢的质量比较

质 量 特 点		质 量 区 别	
		热 轧 带 钢	冷 轧 带 钢
成 品 厚 度		1.2~3.2 毫 米	
表 面、 尺 寸、 形 状	表面粗糙度 ($R_{\text{最大}}$)	黑皮~20微米 酸洗~25微米 喷丸~30微米	无光精轧 3~10微米 光亮精轧0.20~25微米
	厚度公差* 1.2×914毫米 1.6×914毫米 2.3×914毫米	±0.18毫米 ±0.22毫米 ±0.25毫米	±0.08毫米 ±0.11毫米 ±0.13毫米
	平坦度* 1.2×914毫米 1.6×914毫米 2.3×914毫米	相对 4000毫米长 18毫米以下 16毫米以下 16毫米以下	挠度浪形 12毫米以下 边 浪 8毫米以下 中间浪形 6毫米以下
机 械 性 能	抗拉强度* 产品总厚度	28公斤/毫米 ² 以上	28公斤/毫米 ² 以上
	延 伸 率* 厚度 1.2 毫米 厚度 1.6 毫米 厚度 2.3 毫米	27~31%以上 29~33%以上 29~35%以上	37~41%以上 38~42%以上 38~42%以上
	宽厚变形比 ($\bar{r}$)，厚度1.6毫米	0.85~0.95	1.10~1.80

注：1. 比较品种：热轧带钢是SPHC、SPHD、SPHE；冷轧带钢是：SPCC、SPCD、SPCE；

2. 带*号者是取JIS G3131、JIS G3141规定的标准值。

所具有的质量上的某一优点，如使用于要求表面光亮或要求具有冲压加工性能、或要求较薄的钢板、或要求厚度精度严格的各种部件。还可以作为镀锌板（G.I.）、镀锡板等各种镀层钢板的原板。经过平整的冷轧带钢广泛应用于汽车、摩托车、电冰箱、洗衣机、清扫机、炊具、取暖炉、摇床、玩具等的制造上。表 1-2 列举了冷轧带钢的用途实例。从表中可以看出，应用时是利用了带钢的哪个特点。图 1-1 所示为各需用部门对冷轧带钢的订货状况。

表 1-2 冷轧带钢的特点和用途

应用 部 件	冷 轧 带 钢 的 特 点				
	表 面 光 亮	平 坦 度 良 好	冲 压 加 工 性 能 优 异	容 易 制 造 薄 规 格 钢 板 ， 厚 度 精 度 优 良	其 它
挡 泥 板	◎	○	◎	○	硬 度 可 涂 瓷 性
顶 盖	◎	○	○	○	
门	◎	○	○	○	
螺旋浆叶片			◎	○	
油 盘			◎	○	
缓 冲 器	○		◎		
电冰箱外板	○	◎		○	
钢 壳 体	○	◎		○	
自行车轮圈	○			○	
浴 池					

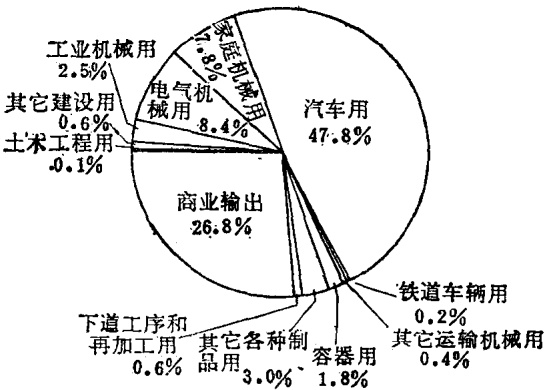


图 1-1 冷轧带钢各需用部门订货状况

2. 冷轧带钢的种类

如上节所述，冷轧带钢的用途涉及很多领域，这些广泛的用途要求冷轧带钢具有强度、加工性能、表面光洁度、平坦度、耐蚀性、可涂瓷性等等多种多样的特性。钢铁厂为满足这些要求，生产出具有各种特性的冷轧带钢，其中除了符合JIS等标准规定的以外，各钢铁厂还大量生产了自己研制的非 JIS 标准的带钢。冷轧带钢主要按加工性能分类，大致可分为加工用冷轧带钢、为适合特殊用途生产的冷轧带钢以及镀层原板。加工用冷轧带钢根据其加工性能又分为一般用冲压用、深冲用、非时效性深冲用带钢，还有形状稳定性优良的低屈服点带钢和采用松卷退火生产的重深冲用带钢等。作为特殊冷轧带钢，还能在加

工成所需要的形状后，通过烧敷玻璃质釉药制成搪瓷产品用的搪瓷用钢板；钢板上涂敷金属皂覆膜，也能在不需冲压润滑油的情况下，制成加工性能和防锈性能都好的润滑钢板；为使人产生舒服感觉，于汽车内装饰的表面附有凹凸状态印花的钢板，以及所研制的安全汽车上用的高强度钢带等。表1-3中示出冷轧带钢的种类、特点和用途。

3. 表示冷轧带钢质量的各种特性值

各个领域在使用冷轧带钢时，为更有效地使用带钢，按照设计部件的形状、加工方法和表面处理选择最适宜的材料，这比什么都重要。当选定这样的材料时，以和实际使用完全相同的条件进行试验以判断好坏。这种很实用的方法长久以来一直在使用着。现在也有这样的例子，例如，汽车厂在生产新车时，使用新冲压模对各种带钢进行实际冲压，以判断哪种规格的带钢最合适。但是，从试验所需要的时间和费用来看，这种方法非常不经济，不适于近代大生产，除了特殊例子之外，实行这种方法是很困难的。因此，必须在实际加工前，以最合适的试验方法研究冷轧带钢的特性，以便知道使用的材料适合哪种用途。如上所述，应根据用途对冷轧带钢的板厚精度、加工性能、平坦度、可涂瓷性等质量提出要求。质量包括化学成分、物理特性、冶金学特性、机械性能（参见指导书1-1~1-4）和形状、尺寸、外观特性等。通过化学分析、机械试验或者测定等方法来评价以上各种特性。表1-4所示为按用途分类和对应某种用途所要求的质量特性的关系。

（1）面板用带钢 面板用带钢的加工是一种高弯曲加工，一般冷轧带钢（JIS中SPCC级）具有的加工性能足以适应这种加工。最重要的质量特性是平坦度。表现平坦度的特性值有：边浪高度、中间浪高度或浪形变化率（参见指导书1-5）。测定方法是放在平坦的平板上测定。

（2）加工用带钢 按照加工种类，应用部件的形状，加工用带钢应具有冲压性能、成形性能：形状稳定性、非时效性等特性（参见指导书1-6~1-9）。详细内容留待后面章节讲述，此处只涉及对冷轧带钢有突出要求的表示冲压成形性能的特性值。测定冲压成形性能的试验方法，最普通用的是拉伸试验，对镀锡用钢板等极薄钢板使用硬度试验。由拉伸试验得到抗拉强度、屈服点、总延伸率等。另外，由硬度试验得到硬度等特性值。由于求这些特性值的方法很简单，这些特性值常常被用来作为衡量材料基本性质的代表性尺度。但是，拉伸试验仅是给定冷轧带钢最终用途的中间性试验，是评价冲压成形性的基础试验（或称为间接性试验），想要用这个试验精确地、较好地评价冲压成形性能是非常困难的。其理由可以认为是实际冲压成形中应力—应变关系及断裂特性和拉伸试验的这些特性存在显著差异的缘故。因此，可以对称为近似于实际冲压变形的成形试验，即对模拟试验或所谓直接试验的应力—应变及断裂特性进行各种研究。从支配原板变形极限的断裂形式组合来看，冲压成形可分为深冲，鼓凸，延伸凸缘及弯曲四种基本成形。与各种成形相对应有深冲性能、鼓凸成形性能、延伸凸缘成形性能和抗弯性能。表1-5示出测定冲压成形性能的代表性直接试验方法及特性值。其后，随着直接成形试验研究的进展，对基本材料的应力—应变曲线（参见指导书1-14）也重新进行研究，1950年C.阿尔伯（C.Arbel）指出了 n 值（加工硬化系数）（参见指导书1-15）和成形极限的关系，1960年R.L.怀特利（R.L.Whiteley）从理论及实验上，阐明了W.T.兰-克富德（W.T.Lankford）于1949年提出的 r 值（塑性变形比）（参见指导书1-16）和深冲性能的密切关系。现在，表现冲压

表 1-3 冷轧带钢的种类、特点和用途

种 类	代 号	特 点	用 途
JIS 冷轧钢板 及带钢 (JIS G 3141)	SPCC SPCCT	(一般用) 表面光亮的品种, 是需要最多的。它适合弯曲加工和简单冲压加工, 主要以平板使用	电冰箱的门、浅冲汽车零件、钢制家具、其它小零件、配电盘等
	SPCD	(冲压用) 次于 SPCE。可得到优良冲压性能的钢板	汽车门里、侧板等
	SPCE	(深冲用) 次于 SDCEN。具有优良的深冲性能, 在冶金学上, 由于调整了晶粒, 深冲加工后能得到光亮的表面	汽车后挡泥板、前围板等
	SPCEN	(非时效性深冲用) 深冲性能优良, 特别是作为非时效性钢板来说, 要保证不产生滑移线	汽车前灯体、车轮罩、浅冲外板部件等或要求非时效性能的钢板
尽管 JIS 中没规定, 但是是经过和 JIS 同样程度处理的冷轧带钢	低屈服点带钢	具有低屈服点, 低屈强比, 冲压成形性好 (容易得到需要的尺寸), 拉刚性能优良 (不易弄瘪)	汽车门、屋顶、盖、后货箱盖等要求缓慢时效性、形状稳定性的部件
	重深冲用带钢	在深冲性能方面和 JIS 钢板同等或超过 JIS 钢板, 各公司钢铁厂均各自生产	汽车的挡泥板、油盘等
特殊冷轧带钢	搪瓷用带钢	挂一次搪瓷为主, 对所有搪瓷制品都适用的钢板	各种气体、电气、石油器具、建筑材料、工业用器材、食具、浴缸
	低合金耐蚀、耐大气腐蚀性冷轧带钢	依靠合金元素作用, 形成极细的、坚固的氧化覆膜, 有效地防止了腐蚀发生	车辆、汽车、建筑材料等
	涂层钢板	为了防锈和用于装饰, 在钢板或镀层钢板上涂覆各种涂料、层压塑料薄膜的钢板	建筑物内外衬板、容器、玩具
	压印花纹钢板	表面上有凹凸状给人以美感和舒适感	汽车内装饰、家庭电气、钢制家具、建材、车内装饰、桌上装饰用
	润滑钢板	钢板上涂敷金属皂等特殊润滑剂, 使在低温干燥后粘着, 冲压时不使用润滑油, 省掉涂油操作, 改善了操作环境	汽车部件、电气部件
	发蓝处理的薄带钢	经过特殊热处理、表面覆盖上美丽的氧化薄膜的钢板	烟筒、柴炉
	低级电磁带钢	采用冷轧生产的具有电磁特性的带钢, 比硅带钢便宜	家用电气的电动机、标准电动机、日光灯镇流器、继电器
	高强度冷轧带钢	具有比较良好的加工性能, 同时保证增强抗拉强度的钢板	安全汽车上的各种内外衬板
镀层原板	镀锌原板	经过镀锌形成镀锌钢板	屋面板、板壁等建筑用材料、家具
	镀锡原板 (JIS G3303)	经过镀锡形成镀锡钢板	各种罐头

表 1-4 冷轧带钢的用途分类和所要求的质量特性

按用途分类	所要求之质量特性	特性值 (代表例)
面板用钢	平坦度 拉伸、弯曲	边浪高度、中间浪高度、浪形变化率 弯曲试验值
加工用钢 剪断加工 弯曲加工 冲压成形 凸鼓成形 延伸凸缘成形 复合成形	按照加工种类, 部件形状要求下面各种特性: 冲压性能 成形性能 形状稳定性 非时效性	屈服点、抗拉强度、屈强比 总延伸率、均匀延伸率、局部延伸率 屈服平台、加工硬化系数 (n 值) 塑性变形比 (r 值) 极限深冲系数、圆锥模杯突深冲极限值、扩孔率、埃里克森值 弯曲试验值、弹性系数 (E) 化学成分、织构、晶粒度等
搪瓷用钢	粘着性、烧成变形、表面缺陷、加工性能、强度	PEI 指数 (参见指导书 1—11)、挠度值 (参见指导书 1—12)、化学成分、氢渗透时间
高强度钢	硬度 韧性	洛氏硬度 (HRB) 脆性转变温度 (参见指导书 1—13)

表 1-5 冲压成形性能和直接试验方法

冲压成形性能	直接试验方法	表现冲压成形性能的特性值
深冲性能	Swift 深冲试验 福井式圆锥模杯突试验	极限深冲系数 (L, D, R) 锥形杯突深冲极限值 (C, C, V)
鼓凸成形性能	埃里克森 (Erichsen) 试验 奥尔森 (Olsen) 杯突试验	埃氏值 (鼓凸高度) 奥氏值 (鼓凸高度)
延伸凸缘成形性	KWI 扩孔试验	扩孔率
抗弯性能	弯曲试验	弯曲试验的内侧曲率半径 (r)

成形性能的特性值常用 n 值和 r 值。表 1-6 综合示出了冷轧带钢的加工性能和机械性能及冶金学特性与生产工艺主要因素的对应关系。

(3) 搪瓷用带钢 用冲压成形的壳体要求具有各种加工性能, 但是, 由于其使用条件特殊, 要求有特殊的质量特点。详细内容将在第 3 章可涂瓷性一节中讲述, 这里只叙述评价烧成变形和鳞片剥离的特性值。

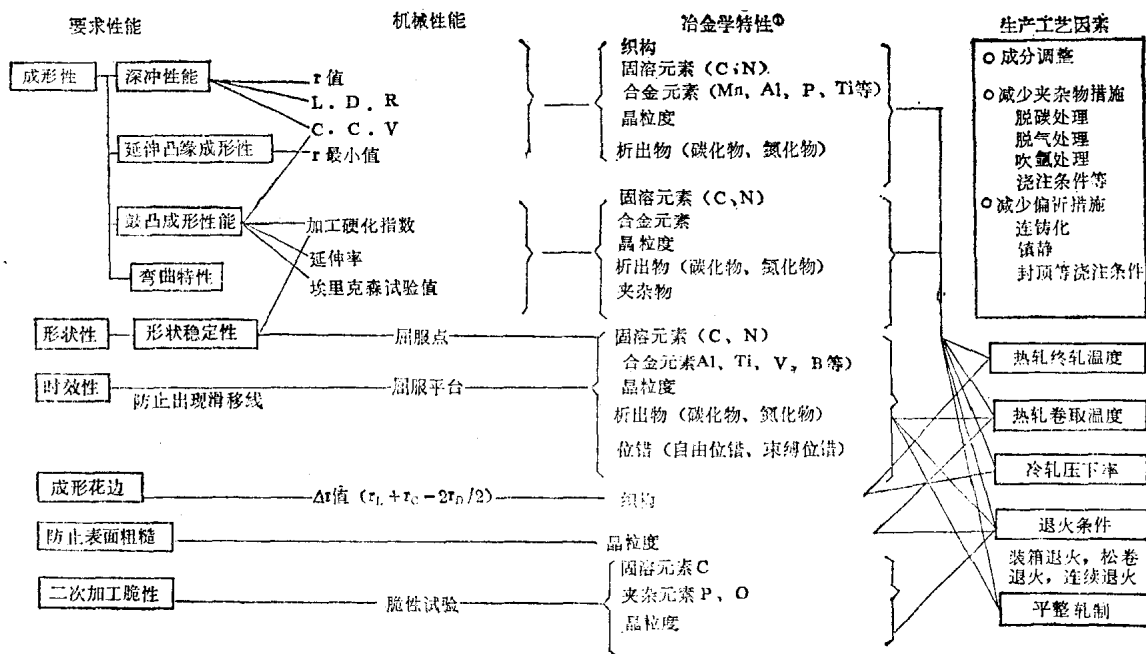
a. 烧成变形是玻璃质釉药在高温 (800℃) 烧成时的热变形, 即是由于带钢相变产生的。由于带钢相变温度随钢中含碳量不同而改变, 采用控制含碳量在 0.01% 以下来提高相变温度的办法基本上可以解决烧成变形的问题。这时烧成变形的特性值是通过化学分析得到的化学成分 (钢中含碳量) 评价的。

b. 鳞片剥离是钢在烧成时钢中吸收的氢在冷却后呈过饱和状态, 穿透搪瓷向外放散的现象。通过控制生产条件也可以生产不易发生鳞片剥离的钢板。作为检验鳞片剥离能否发生的试验方法是氢穿透试验, 可以用氢穿透时间这种特性值来评价。

以上列举了面板用、加工用和搪瓷用冷轧带钢的例子, 叙述了表示质量的特性值。由

于为评价各种特性而进行的测定和试验方法以及采用这些方法所表示出来的特性值很多，
生产和使用冷轧带钢时特别重要的是首先充分理解其内容。

表 1-6 冷轧带钢加工性能和机械性能、冶金学特性与生产主要工艺因素对应关系



① 冶金学特性中织构、固溶元素、合金元素、晶粒度、析出物、夹杂物及位错等名词，可参见指导书 1—19～1—25。

第2章 冷轧带钢的生产工艺和设备

1. 冷轧带钢的生产工艺概述

(1) 生产工艺概述 冷轧带钢生产工艺的头道工序是以高炉为代表的炼铁工序。但对其质量有巨大影响的是以转炉为主的炼钢工序。

工艺流程概貌如图 2-1 所示。一般来说, 经过炼钢、初轧、热轧、冷轧各工序生产出冷轧带卷、冷轧钢板, 各种镀层用原板, 然而, 由于工厂情况不同, 未必都具有全部工序。通常有钢铁联合企业和单种的轧钢厂两种。

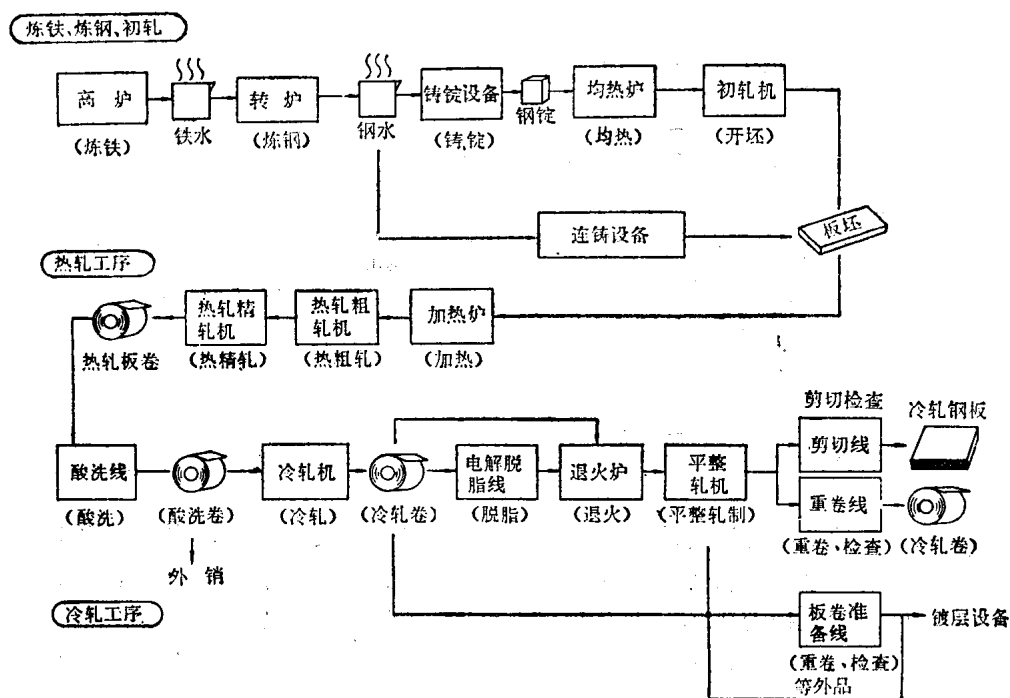


图 2-1 冷轧带钢及钢板生产工艺流程图

a. 钢铁联合企业

钢铁联合企业具有炼铁、炼钢、初轧、热轧全部工序, 优点是效率高, 有益于进行大规模生产, 特别是便于质量管理。

冷轧设备一般产量都比较大, 冷轧机以串联式轧机为主。

b. 冷轧薄板厂

冷轧薄板厂是仅具有冷轧工序的工厂。通常由联合企业供给热轧板卷或酸洗板卷, 酸洗或者冷轧以后, 进行剪切、重卷、纵剪等。

轧机以可逆式轧机为中心, 因此, 冷轧薄板厂的规模与每台轧机月产1~2万吨的工厂相比要小。多数有镀锌设备。

c. 镀锡板厂

镀锡板厂在设备上是有其特点的。镀锡板厂有附属钢铁联合企业的和附属冷轧薄板厂的。从设备上，轧机是串列式轧机，具有连续退火线。一般把经软化退火后的带钢用二机架光轧机进行平整轧制。另外，最近生产技术的发展趋势是向降低成本，提高质量，加强环境保护的方向发展。设备特点是：

- ①采用计算机，实现省力化、自动化，远距离操作；
- ②为实现高效率向大型化、高速化、连续化发展；
- ③实施简化工序的研究。

例如高炉、转炉、轧机等大型化，钢锭、板坯、板卷单重大型化，设备无人操作或集中控制，采用连续铸钢省略初轧工序等均得到普及，冷轧机退火线连续化等也部分获得实际应用。

(2) 生产尺寸范围 能生产的尺寸规格范围如下：

厚度：0.15~3.2毫米；

宽度：最大2080毫米；

长度：最大6000毫米或带卷；

重量：薄板每包1~3吨(以2吨为标准)，卷重20吨以下(但是，作为设备规格来说，也有卷重约60吨的工厂)。

在精整以后进行纵剪，再剪断，在宽度、长度上可以得到更小的尺寸。

另外，按照尺寸组合，即使在上述范围内，生产也是困难的，一般来说，厚度越薄，幅度越宽，长度越长，生产越困难。

2. 坯料生产过程

(1) 炼钢过程

a. 炼钢

炼钢是指将各种各样的原料冶炼成具有所要求特性和一定化学成分的钢锭的操作。炼钢炉有转炉、平炉和电炉。转炉有氧气顶吹转炉和底吹转炉。目前日本生产以低碳钢为主的冷轧钢板氧气顶吹转炉占优势。本章主要讲述氧气顶吹转炉(以下简称转炉)。

在高炉中还原铁矿石生产的铁水含有较多的碳以及硅、锰、硫、磷等杂质。这种高炉铁水，除用于特殊目的以外，一般不能使用，表 2-1 示出铁水和冷轧带钢成品化学成分的比较实例。炼钢的作用主要是降低碳含量，并减少有害成分，往往按照用途决定化学成分。

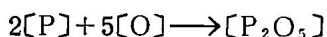
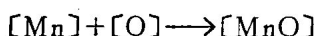
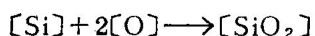
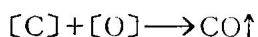
表 2-1 铁水和冷轧带钢成品的成分比较

类 别	化 学 成 分 (%)				
	C	Si	Mn	P	S
铁 水	4.00	0.60	0.70	0.200	0.040
冷 轧 带 钢	0.08	tr ^①	0.30	0.020	0.025

① tr 是 trace 的省略号，表示极微量。

在炼钢过程中氧的作用很重要，氧和碳、硅、锰的结合比和铁结合更容易，因此，首先氧化硫、硅、锰，将这些杂质除掉。进一步通过使用造渣剂(参见指导书2-1)——石

灰、铁鳞、萤石等也会使磷、硫发生反应，分离除去。在概念上反应如下：



CO以气体状态从炉口跑掉，(SiO₂)、(MnO)、(P₂O₅) 形成钢渣(参见指导书2—2)被除掉。另外，这些反应(燃烧)热还具有热源作用，使钢呈熔融状态。



图 2-2 吹炼状态下的转炉

图 2-2 中示出转炉的炉体外观形状，钢板炉壳内衬耐火砖，炉体本身由耳轴支持并能以此轴为中心回转，在装料和出钢时倾动。工场通常采用三个炉座，一座修整，两座运转，即所谓“三吹二”。或者两个炉座，一座整修，一座运转，即所谓“二吹一”的方式。容量多数为50~300吨/座左右。

转炉操作首先是装入主要原料铁水和废钢(主要是铁水)，其后，放下氧枪进行吹氧，随之装入以石灰石为主的辅助原料。氧枪在距钢水面1.0~1.5米处以超音速喷射氧气流进行吹炼操作。转炉的吹炼时间一般为15~20分钟左右，每炉炼钢时间为20~40分钟。

b. 钢锭浇注

钢锭浇注是指把炼钢炉中冶炼过的钢水先装入盛钢桶内，然后再注入钢锭模中使之凝固形成钢锭的工序。钢锭质量的好坏对成品的内部质量、表面质量等有很大的影响。

如铁-碳平衡图(参见指导书2—3)(图2-3)所示，当钢开始凝固时，在富铁相里残存下的液体，逐渐地积累了夹杂和气体成分。这个事实如以下所述，与钢的脱氧形式有关，表现出钢锭特性的差异。按照脱氧形式分类，有沸腾钢、镇静钢，后者用于生产冷轧带钢，用铝脱氧的是铝镇静钢。介于镇静钢和沸腾之间的是半镇静钢，生产冷带钢基本不