

叠轧薄板生产

冶金工业出版社

叠 轧 薄 板 生 产

东北工学院七四轧钢工人进修班、

轧钢教研室 编

冶 金 工 业 出 版 社

叠 轧 薄 板 生 产
东北工学院七四轧钢工人进修班、
轧钢教研室 编

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 9 1/2 插页 1 字数 241 千字

1977年10月第一版 1977年10月第一次印刷

印数 00,001~4,350 册

统一书号: 15062·3292 定价 (科二) 0.80 元

毛主席语录

政治和业务是对立统一的，政治是主要的，是第一位的，一定要反对不问政治的倾向；但是，专搞政治，不懂技术，不懂业务，也不行。

无产阶级没有自己的庞大的技术队伍和理论队伍，社会主义是不能建成的。

要无产阶级政治挂帅，走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。

入门既不难，深造也是办得到的，
只要善于学习罢了。

前 言

本书是为轧钢工人进修班学员编写的教学参考书，也可供薄板厂七·二一工人大学轧钢班的学员作为薄板轧制工艺基本教材或参考读物。学员直接来自轧板生产第一线，是带着深厚的无产阶级感情以及改造旧教育的政治任务参加学习的；他们还具有丰富的实际生产经验，迫切要求给予总结和提高，以便为抓革命，促生产作出更大贡献。因之，他们所期望于本书的，首先必须是以阶级斗争为纲，体现无产阶级政治挂帅，宣传“鞍钢宪法”的教材，同时也应当是一本内容比较丰富、说理性较强并且切实可用的生产技术参考读物。

一九五八年大跃进以来，遵照毛主席提出的有关“两条腿走路”的方针，我国许多地区因地制宜地先后兴建了不少叠轧薄板车间。长期以来它们担负着薄板生产的主要任务，发挥了重大的作用，并积累了宝贵的经验。无产阶级文化大革命以来，我国社会主义革命与生产的形势大好。我国社会主义革命和社会主义建设新形势的发展，对薄板生产无论在产品的数量上、质量上或品种花色上的要求都空前地增长了。我们必须依靠工人阶级，调动一切积极因素，最大限度地利用和发挥现有车间及已有设备的生产潜力，为满足社会主义国民经济对薄板生产的要求而奋斗；大力开展技术革新与技术革命，在兼顾我国薄板生产发展的全局的前提下，有计划地、逐步地实现叠轧薄板车间的技术改造。对于像叠轧薄板这样的古老的生产方式来说，墨守成规必然是路子愈走愈窄。只有立足于革命，用毛主席的《矛盾论》与《实践论》武装头脑，创造条件，促使矛盾的转化，才能使古老的生产方法通过革命重新焕发出青春的光辉。

本书的主要内容就是围绕上述要求而组织编写的。为了完成上述任务，必须很好总结我国各厂的先进经验并加以推广；而为了推动叠轧薄板生产的双革，就有必要了解整个薄板生产的发展情况与存在的问题，分析现有薄板生产方式的特点，并研究薄板生产发展的辩证规律。本书的第一章即是以此为出发点的。

本书主要介绍我国行之有效的单机叠轧薄板的经验（其中也包括了进修班学员所在厂及他们的操作经验），并尽量做到从理论与实际的结合上说明问题。但由于叠轧的规律无论从理论方面或者在实验方面都研究得很不够，因此对许多重要的生产现象与生产规律尚未能作出应有的理论概括。

考虑到当前我国叠轧薄板主要在生产厚在0.75毫米以下的薄规格产品时存在的问题较多，而上钢三厂一薄车间在采用单机轧制大幅面薄规格产品方面取得了成功的经验，故本书专辟一章重点介绍该厂在这方面的先进操作经验，内容主要取材于该厂薄板车间轧钢工人的口述。我们认为，这是轧板工人的经验谈，是难得的宝贵材料。

本书最后一章介绍了叠轧薄板若干典型品种的生产工艺与性能的控制。这一章原是作为工人进修班结合薄板生产的实际学习金属学与热处理而特设的。内容重点放在深冲压板及电工硅钢薄板的性能控制上，其他品种亦适当照顾，以便通观主要钢种的性能控制问题。

遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，在本书各章节中，凡是对我国发展薄板生产或改进生产操作有参考价值的国外经验均尽量收入并加评介。

本书的编写工作得到鞍钢第一、第二薄板厂、上钢三厂一薄车间、沈阳市金属材料厂、沈阳薄板厂、大连钢厂薄板车间、四平薄板厂以及长春薄板厂等工厂的领导和工人师傅的大力支持。书中的许多内容直接取自各厂的经验总结与工人师傅的口传身授。通过深入实际调查研究和向各厂轧钢工人学习，我们深深感

到，搞好薄板生产的关键在于路线是否正确，在于工人群众的巨大的社会主义积极性是否被充分调动起来。而在政治挂帅的前提下还要大力开展技术革新与技术革命，建立岗位责任制并健全合理的规章制度，充分挖掘设备的潜力。通过向各厂的工人师傅学习，也使我们对毛主席关于“**群众是真正的英雄**”，“**卑贱者最聪明！高贵者最愚蠢**”的伟大指示加深了理解，坚定了依靠工人阶级，向工人阶级学习的正确方向。

由于参加编写的同志经验与水平所限，书中会有不少缺点和错误，切望读者批评指正。

东北工学院七四轧钢工人进修班、

轧 钢 教 研 室

一九七七年七月

目 录

第一章 薄钢板生产概论	1
第一节 薄板的分类与用途	1
第二节 薄板的技术要求	5
第三节 薄板轧制技术发展概况	8
一、热轧与冷轧	8
二、薄板轧机型式与轧制方式的发展	16
第二章 叠轧薄板轧制工艺	36
第一节 叠轧薄板的轧制工艺特点	36
第二节 薄板坯的选择与处理	39
第三节 热轧	47
一、概况	47
二、压下与延伸的关系	49
三、压下与轧钢机“弹跳”的关系	52
四、弹跳与叠轧	65
五、叠轧机生产能力计算	67
六、单机多片轧制法	73
第三章 薄板的粘结及其控制	83
第一节 概述	83
第二节 薄板粘结的物理本质及影响因素	84
第三节 粘结的控制	89
一、调整原料成份	89
二、低温轧制	90
三、控制板形	91
四、提高辊面温度	92
五、涂料轧制	93
第四章 辊形设计与控制	100
第一节 辊形设计与控制所需考虑的主要因素	100
第二节 原始辊形的设计	103

第三节 辊形的制备与控制	108
第五章 叠轧薄板的其它轧制缺陷	113
第一节 外形缺陷	113
第二节 麻点与辊印	119
第六章 叠轧薄板压下制度	121
第一节 概述	121
第二节 限制压下分配的因素	123
一、咬入条件	123
二、设备强度的限制	130
三、轧机弹跳的限制	131
四、板形及粘结控制的考虑	132
第七章 怎样轧好薄规格品种	136
第八章 轧辊及轴承	149
第一节 轧辊尺寸的选择	149
第二节 轧辊的种类与材质	151
第三节 轧辊的损坏分析	153
第四节 轧辊的预热与烫辊	160
第五节 叠轧机的轧辊运转特点	163
第六节 轧辊的正确安装	166
第七节 轧辊的轴瓦及其润滑	171
第九章 叠轧变形过程的力学特点	176
第一节 前滑与轧辊的转速	176
第二节 轧制力与轧制转矩	183
一、叠轧薄板的轧制力	184
二、轧制转矩	214
第十章 叠轧薄板的精整	218
第一节 叠轧薄板的撇分(剥离)	220
第二节 薄板的酸洗	224
第三节 薄板的平整	227
第四节 薄板的矫直	229
第五节 薄板的剪切	231
第十一章 典型产品的生产工艺及性能控制	233

第一节 深冲钢板生产	233
第二节 硅钢薄板生产.....	241
一、基本知识	241
二、热轧生产工艺	256
第三节 滚珠轴承钢薄板生产	273
第四节 高速工具钢薄板生产	282
第五节 合金结构钢、弹簧钢与碳素工具钢薄板的轧制特点	283
第六节 不锈钢板的性能控制	284
一、钢种概况	284
二、铬镍不锈钢的固溶处理	287
三、铬不锈钢的热处理	289
四、关于无镍不锈钢	292

第一章 薄钢板生产概论

第一节 薄板的分类与用途

钢板是一种宽度与厚度之比很大的扁平断面钢材。宽厚比值(B/H 值)不单是钢板几何外形特征的主要标志,而且还直接关系到钢板生产技术上的困难程度: B/H 值越大,则越难保证良好的板形与较窄的公差范围。薄钢板的 B/H 值目前最大已超过5000。

所谓板材,通常是指那种剪切成定尺长度的产品而言;而成卷生产供应的则称为带钢或板卷(其中宽度大于800毫米的又叫做宽带钢)。板材的主要尺寸是厚度 H 、宽度 B 与长度 L 。带钢或板卷一般只标出厚度与宽度,附以卷重 G ,其实际长度即暗含在卷重之中。

依厚度不同,钢板大致上可分成中厚板、薄板与箔材三大类。一般认为,厚自0.2毫米至3.0~4.0毫米的板材属于薄板一类;厚在4.0毫米以上者划归中厚板;而厚度在0.2毫米以下的就笼统地算作箔材了。

钢板根据厚度作这样的划分是有其一定的实际根据的。长期的生产实践表明,厚度在上述特定范围内的板材无论在产品的用途、技术要求、生产工艺特点乃至在所采用的轧机型式与设备特性等方面都有着许多共同的特点,于是便出现了这种多少是历史上形成的厚度分野。然而,鉴于厚板、薄板与箔材之间在厚度上事实上并不存在着截然的分界,而且随着生产的不断发展,上述反映板材生产与使用特点的厚度分野也不可能是固定不变的,因此,没有必要对此作出死板、划一的规定。

除开少数的特殊的物理、化学性能要求为主的品种外,薄钢

板大多数是作为结构钢材使用的。由薄板制成各种规格与形状的构件几乎毫无例外地必须经过一些中间的加工工序，例如剪裁、组合、冲压、弯曲成形等，其中板材的冷冲压可作为其典型代表。现代化的工业部门拥有大量的薄板冲压加工生产线，要求供应厚度自0.2~2.0毫米的尺寸精确、表面良好并且性能优越的薄钢板，它们是薄板和带钢的主要用户。能否保证从产量上与质量上满足这一要求乃是对薄板生产的一个重大考验。事实上，把薄板看作主要是厚度在0.2~2.0毫米的板材也是基本上符合实际的。薄板车间应当偏重于生产这一厚度范围的产品，并应尽量扩大偏薄一些的品种。

根据近年来的一些统计资料，在工业发达的国家中，钢板产量约占全部钢材产量的50~60%，其中薄钢板的产量又占全部钢板的半数以上。薄钢板及带钢生产近年来的巨大发展，一方面是由于一些重要工业部门的迅速发展对原材料品质与数量的要求有了巨大的增长；另一方面也是由于在现代化的技术条件下有可能大量供应品种繁多且价廉质优的薄板、带钢，这就使各工业部门中的自动化金属加工线愈来愈多地使用薄钢板与带钢作为原料，反过来又进一步促进了薄板带钢生产的发展。现今的薄板生产综合利用了近代冶金、机电及计算技术等科学的最新成就，成为轧钢车间中能率最为庞大、生产过程机械化与自动化程度最高的车间，实为轧钢生产向现代化发展的先锋。

厚度较小的薄钢板经不起大气或其它化学介质的腐蚀，往往需要表面覆镀一定的保护层（例如：镀锌，镀锡，镀铅，镀铬，搪瓷，覆塑料，化学涂层等）。镀层钢板构成了薄板产品的一大类型。镀锡板是其中厚度最小的品种（ $H=0.12\sim0.42$ 毫米）。它是罐储业（例如制造各种罐头）的主要原料，也广泛用于文具及日用品的制造中。过去曾经流行的热浸镀锡法已日渐为较先进的电镀锡作业所取代。电镀锡板的锡层厚度小且外表美观。最近还出现了所谓“差厚镀层”的镀锡板，亦即板材两面的锡镀层厚度

不一，以达到经济有效地利用金属锡的目的。搪瓷板的耐蚀性及耐酸性很强，板厚也较薄（例如0.28毫米），要求深冲性能良好，出厂时不涂层，但要求带酸洗后的洁净表面。镀锌板厚度主要为0.5~1.0毫米，抗大气腐蚀性能相当好。薄板的热镀锌近年来也迅速向连续化发展。连续镀锌适于处理成卷带钢，表面美观，铁锌合金过渡层很薄，故加工性能很好（龟裂及剥离均较少）。镀锌薄板多用以制造屋面瓦、日用器皿、水溜子、汽油罐、车辆用品以及农机具等。

在金属镀层的薄钢板中，除镀锡板和镀锌板外，也发展了镀铬及镀铝板的生产。镀铝板是一种使钢的机械性能与铝之外观及抗蚀能力相结合的产品。其特点是：1）耐热性好，为普通薄板之3~5倍，480°C不变颜色，677°C不产生破坏性氧化皮，有些品种还能耐受更高的温度；2）耐蚀性比镀锌板高2~3倍；3）加工及焊接性能良好。镀铝板的母材一般多为低碳钢或含铜钢，铝镀层约厚0.0025毫米左右。由于耐高温氧化性好，故镀铝薄板多用来制造各种渗碳罐、退火箱、马弗罩，发电站的热汽导管、汽车排气管以及热交换器等。

非金属镀层的薄钢板除搪瓷板外，还有塑料覆面薄板及各种化学表面处理钢板。塑料覆面薄钢板的优点是：1）色彩与光泽多样化，例如可作成皮状、木状或布状的表面；2）耐酸、耐蚀性好，受到污染后易于揩净；3）耐磨性、耐冲击性及耐湿性好；4）电气绝缘及吸音性强；5）与母材钢板可同时进行深冲压，以及高频焊接。故其用途甚广，可以代替镍、黄铜、不锈钢等材料制造抗蚀部件，多用于车辆、船舶、电气器具、仪表外壳以及家俱的制造上。化学处理钢板主要指无机物覆镀的薄钢板而言。例如用磷酸盐或铬酸处理钢板表面可以防止金属的电化学腐蚀。此类镀层的表面虽较粗糙，但与母材附着紧密，在钢板的冲压加工中还可起到一定的润滑作用。

汽车钢板是薄钢板的另一重要类型，厚度多在0.6~1.5毫米

范围内。在汽车工业发达的国家中，此类钢板的产量约占全部薄板的三分之一以上。汽车钢板的特点是宽度较大（达2000毫米以上），并且表面质量与深冲压性能要求均较高，是需求量庞大而且生产难度也较高的优质板品种。

还有一类供冲压用但不镀层的薄钢板，仅要求按酸洗状态供应，常称为“酸洗板”。

以上两大类产品，再加上其它一些作一般结构用途（例如制造机器壳，挡罩，油桶等）的普通薄钢板，在产量上占了全部薄板的大部分，并且都是以低碳钢为主体的。余下的便是各种特殊用途钢与高强钢的品种。前者主要包括电工用硅钢板（电机与变压器钢板），耐热、不锈钢板，各种工具、刃具钢板（如锯片钢板与钢带）以及弹簧钢板等等。这些品种需要量虽不算大，却多是国民经济发展与国防现代化急需的关键性产品。

值得一提的是对国民经济有重大意义的电工用薄钢板，目前绝大多数都是硅钢板与硅钢带（含硅1~4%左右），它们是制造电机、变压器与各种电器的铁芯材料。这类产品是以电磁性能（磁感与铁芯损失值）要求为主的。在工业发达的国家里，硅钢板产量约占轧制钢材总量的1.0~1.5%左右。电工硅钢板近年来的发展主要是以电力工业发展的需要（变压器、电动机、发电机的大型化与高参数化）及农用电机和民用电器的普及为其背景的。热轧硅钢板因具有磁各向异性不明显的特点而比较适用于制造旋转电机，但单张供应不能很好地适应大规模生产的自动冲片加工线的要求，故近年来曾经一度发展过一种所谓“热轧焊接无方向性硅钢带”的生产。此种产品是把单张热轧硅钢片焊接成板卷，即以卷材状态供应的热轧硅钢片。但由于厚度均匀性及表面质量均不够理想，故近年来又发展了一种叫做“冷轧无方向性硅钢带”的产品，其主要特点为：1）适于进行连续冲片作业，降低成本，提高成品率与冲片生产率；2）板面平滑，厚度差小，因而充填系数较高，减小了所制电机的重量；3）磁感值高，磁性比较均

一。电工硅钢板生产的技术水平主要是由冷轧方向性硅钢片所达到的性能指标衡量的，因为整个现代化的电力工业（包括制造大型的水轮、汽轮发电机、重型的变压器等）在某种意义上来说可以认为是建立在高性能的冷轧电工硅钢片基础之上的。近年来，随着冶金技术的提高，新牌号的冷轧取向电工硅钢板相继出现，给电器制造业提供了崭新的高性能的导磁材料。

除了继续发展电工硅钢板的生产外，近年来还发明了一种硅钢片的廉价代用品——纯铁电工薄板。此种产品可用纯氧顶吹转炉生产。因此，可以大量供应，生产成本比电工硅钢板低得多。此种纯铁电工薄板的特点是磁感值高，没有显著的磁时效现象，加工性能良好，充填系数高，并带有优良的表面电气绝缘薄膜，适于制造各种电动机和民用电器的。

综上所述，从对国计民生的重大意义以及在生产技术上的代表性来看，可以认为钢铁工业中的薄板生产有三大典型产品——镀锡板，汽车板与电工钢板。我们应当努力掌握并发展这三类产品的生产，只有这样才能满足我国社会主义革命与建设的需要，才能击破帝、修、反的封锁、讹诈，并更好地支援世界革命人民。

第二节 薄板的技术要求

薄钢板的产品技术要求可分为四个方面：1）厚度精确性与均匀性；2）外形平直度（板形）；3）表面光洁度；4）机械性能与物理、化学性能。这几方面的要求虽亦为其它钢板所共有，但对薄钢板来说，则往往更有其特点，或者在某些方面要求更为严格些。

薄板的厚度精确性所指的是实际板材的厚度相对其要求的厚度即名义值的偏离程度。例如，要求生产0.50毫米厚的板材，而实际轧出的却是0.54毫米或0.47毫米，则0.50即为其名义厚度，而+0.04毫米与-0.03毫米即为其厚度偏差（前者为正偏差，后者为负偏差）。厚度偏差在所难免，但需从量上加以控制。考

考虑到薄板使用部门对不同规格、品种的板材的质量要求，并兼顾薄板生产厂的技术水平（平均先进水平），国家在钢材标准中规定了各种名义厚度的允许公差范围（详见GB708—65）。这种标准显然是应当随着用户要求的不断提高与薄板生产的不断发展而定期作出修改的。根据已有标准的规定，薄钢板的厚度公差仍占其名义厚度的5~15%以上，这意味着缩减公差还有相当的潜力。薄板生产车间应力争在产品的质量上全面超过国家标准，做标准的突破者，为我国社会主义作出更大的贡献。

国家标准中给出的厚度公差范围包括正偏差与负偏差。对薄钢板用户来说，从安全角度出发，在进行结构设计时只能按板材的负偏差考虑问题。这样一来，如果薄板厂能保证做到按负偏差轧制板材，便可以在不影响板构件实际强度的前提下为国家节约大量的钢材。根据经济分析资料，一座大型的薄板厂如能按缩减公差或负偏差轧制板材，则每年为国家节约的钢材（或者换一种说法，每年多为国家生产的薄板）抵得上一个小型薄板车间的年产量。那种片面追求本厂的产量指标，不顾在总的方面给社会主义国民经济造成的损失，盲目按正偏差轧制交货的做法是与总路线的要求背道而驰的。

薄板的厚度均匀性包括纵向（沿板材的长度方向）与横向（沿板材的宽度方向）上的厚度波动程度，比较的基准当然还是板材的名义厚度。厚度不均给薄板用户带来了许多麻烦和困难。以供冲压用的薄钢板为例，板材厚度不均构成了模具损坏与零件冲废的重要根源。板材的长度愈大（例如带钢），或者 B/H 值愈高，保证厚度均匀也就愈困难。

近年来在薄板生产中的许多重大的工艺与设备改革都是针对板材厚度控制问题的解决而发展起来的。薄板在厚度均匀性方面如果没有一定的保证，要想实现负偏差轧制也是不可能的。

薄板的平直度主要是指板材浪形、瓢曲的有无或存在的严重程度。明显的浪瓢用目测即可发现。轻微的浪形与瓢曲则需将板

材平置于钳工平台之上，用特制的带水平梁的千分探尺量取浪瓢部分的“波谷”深度，用每米长度的波谷深度来表示板材的平直程度（详见GB708—65）。板材的平直度缺陷直接来源于轧制过程中的不均匀延伸。而当板材之 B/H 值愈大时，它对这种不均匀延伸的敏感性也愈大。故在轧制薄而宽的品种时，对轧制设备及工艺控制的要求是非常严格的，否则将根本轧不出合格产品来。

薄钢板对表面质量（指表面光洁度）的要求比较突出。这一方面是由于薄板的表面积与其体积之比甚大，钢中夹杂及气泡等缺陷难有藏身之所；另一方面又因薄板多用以制造外围构件，并且往往要经过冲压加工或进行表面镀层处理，故必须对表面质量给予特殊的注意。对大多数薄板来说，板面不允许有显著的凹凸不平，压入板面的氧化铁皮及暴露在外的非金属夹杂等。有些钢板表面光洁度要求很高（甚至要求轧后抛光），此时连板面轻微的机械划伤或压印痕迹都是不允许的；有的则要求均匀轻度的麻面（如某些深冲压薄板），等等。在国家标准中，目前薄钢板的表面质量共分四个等级（组别）：I组至IV组（详见GB710—65）。其中I组表面要求最高，一般不经冷轧是达不到的。

薄钢板在机械性能方面的要求包括：1）板构件或零件在工作中所要求具备的机械性能（使用性能）；2）板材在制造板构件过程中所要求具备的加工性能（工艺性能）。例如，汽车的发动机罩需要有一定的机械强度，这就是它所要求的使用性能；而从钢板制成发动机罩又需要经过冲压、弯曲等塑性加工过程，要求有良好的冲压性能（包括强度与韧性），此即所谓“工艺性能”。在许多场合下，薄板构件在使用中倒并不一定要求很高的机械性能（例如痰盂，流线形的汽车灯反射罩等），但由于形状复杂，需要经过深冲压乃至旋压等加工工序，却要求钢板具备优良的深冲性能。深冲钢板就是一种以工艺性能要求很高的薄钢板品种，需要在生产中从炼钢、铸锭、轧制、热处理乃至其后的精整加工等方