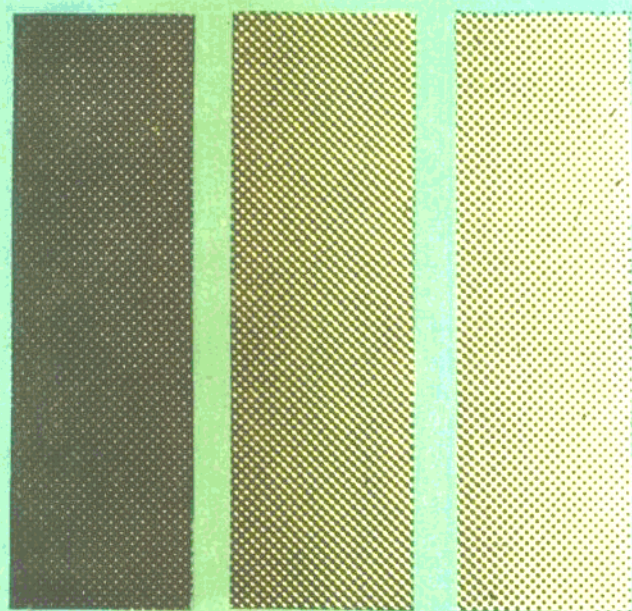


板带钢生产工艺学

冯光纯 编



重庆大学出版社

1090694

板带钢生产工艺学

冯 光 纯 编

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 提 要

本书全面、系统地介绍了中厚板、热连轧带钢、非连轧带钢薄板、冷轧板带钢的技术要求、轧机型式、生产工艺流程及有关新技术新工艺,重点阐述了板带钢生产中的轧制规程设计、辊型设计、厚度控制、板形控制及性能控制等问题。还列举了有关轧制规程和辊型设计的实例及现场的实际资料。本书适宜作为大专院校金属压力加工专业及轧钢工程技术人员的教材和参考书。

板带钢生产工艺学

冯光纯 编

责任编辑 宗联枝

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑专科学校印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.5 字数: 287 千

1990年4月第1版 1990年4月第1次印刷

印数: 1—3200

标准书号: ISBN 7-5624-0141-1 定 价: 3.76元
TG·8

前 言

本书是根据多年的教学体会，参考国内外有关资料编写成的。本书系统地介绍了中厚板、热连轧带钢、非连轧带钢薄板、冷轧板带钢的生产工艺，重点阐述了板带钢生产中的轧制规程、辊型设计，厚度、板形控制及控制轧制、控制冷却等问题。还列举了有关轧制规程及辊型设计的实例。

本书可作为大专院校金属压力加工专业的教材，也可供轧钢专业工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到了重庆大学和重庆大学出版社有关领导的支持，汪凌云副教授仔细地审阅了全稿，提出了许多有益的意见，在此致以衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不当和缺点，敬请批评指正。

编 者

1988年2月

目 录

概 论

- 一、板带钢的品种及其对国民经济的作用 (1)
- 二、板带钢的外形、轧制及使用特点 (1)
- 三、板带钢的技术要求 (2)
- 四、板带钢生产技术的发展 (3)

第一章 中厚板生产 (5)

- 第一节 中厚板轧机型式 (5)
- 第二节 中厚板的轧制过程及轧制方法 (8)
- 第三节 中厚板生产工艺过程 (9)
- 第四节 典型中厚板车间生产工艺及平面布置 (13)
- 第五节 国外中厚板生产技术的发展 (16)
- 第六节 中厚板轧制规程设计 (18)
- 第七节 中厚板轧机辊型设计 (42)

第二章 热连轧带钢生产 (49)

- 第一节 带钢热连轧机组组成及类型 (50)
- 第二节 热连轧带钢生产的工艺及设备 (51)
- 第三节 1700热带钢连轧机的工艺过程及平面布置 (62)
- 第四节 热连轧带钢轧机压下规程及辊型设计 (64)

第三章 非连轧热轧带钢薄板生产 (86)

- 第一节 炉卷轧机热轧带钢生产 (86)
- 第二节 行星轧机热轧带钢生产 (88)
- 第三节 叠轧薄板生产 (89)

第四章 冷轧板带钢生产 (115)

- 第一节 冷轧板带钢品种及冷轧机类型 (115)
- 第二节 冷轧板带钢的轧制工艺特点 (118)
- 第三节 冷轧板带钢的生产工艺 (120)
- 第四节 冷轧板带钢轧制规程制定 (139)
- 第五节 冷轧板带钢辊型设计及辊型控制 (144)

第五章 板带钢轧制中的厚度控制	(147)
第一节 板带钢厚度波动的原因及特点	(147)
第二节 厚度自动控制的工艺基础	(148)
第三节 厚度自动控制的基本型式及其控制原理	(153)
第四节 带钢热连轧机精轧机组厚度自动控制系统	(157)
第五节 带钢冷连轧机的厚度自动控制系统	(158)
第六章 板带钢的板形控制	(159)
第一节 概述	(159)
第二节 板形控制方法	(160)
第三节 板形检测	(163)
第四节 板形控制系统	(165)
第七章 热轧板带的控制轧制与控制冷却	(168)
第一节 控制轧制的基本原理	(168)
第二节 控制轧制的工艺特点	(170)
第三节 热轧板带生产中应用控制轧制实例	(171)
第四节 板带钢的控制冷却	(172)
参考书目	(176)

概 论

一、板带钢的品种及其对国民经济的作用

一般把以单张供应的钢板和成卷供应的带钢总称为板带钢，它是钢材的一大品类。

板带钢有许多品种规格，按钢种可分为普通碳素钢板、优质碳素结构钢板、低合金结构钢板、碳素及合金工具钢板、电工硅钢板、不锈钢板、耐热及耐酸钢板、高温合金板及双金属复合钢板等。

按用途可分为造船钢板、桥梁建筑钢板、锅炉钢板、压力容器钢板、汽车钢板、装甲钢板、航空用钢板、电工钢板、搪瓷薄板及焊管坯等。

我国习惯上按尺寸分为：1)中厚板：厚度在4mm以上，宽度一般为600~3500mm（或更宽）的板材称为中厚板（其中厚4~20mm的为中板，厚20~60mm的为厚板，厚60mm以上的为特厚板）。2)薄板和带钢：是指厚度为0.1~4mm的热轧和冷轧板材，单片的称薄板，成卷的称带钢。通常又把宽度在650mm以上的称为宽带钢，宽度不足650mm的称为窄带钢。3)薄带钢和超薄带钢是厚度更薄的冷轧带材，厚度为0.02~0.1mm的称为薄带，厚度在0.02mm以下的称为超薄带。

板带钢是轧材中所占比例较大，应用极为广泛的一类钢材。它可用于国民经济的许多方面，如造船、建筑、化工、汽车工业，机械及电器制造，军工、轻工及食品工业等部门都大量使用各种板带钢。另外它还是生产焊接钢管、冷弯型钢以及焊接型钢的原料，因此世界各国都极为重视板带钢生产的发展。在工业比较发达的几个主要产钢国，板带钢在轧制钢材中所占比重已达50~60%，板带钢的生产技术水平及在轧材中所占比例，近年来往往被认为是衡量一个国家轧钢生产发展水平的标志之一。随着国民经济的迅速发展，不仅对板带钢的需求量不断增加，而且对它的品种规格，尺寸精度及性能等都提出了更高要求。

二、板带钢的外形、轧制及使用特点

与其他两大类钢材产品（型钢和钢管）相比，板带钢无论在外形、轧制及使用方面都有其特点。

1. 外形特点

- 1) 形状扁平、横断面为矩形、 B/h 较大，可达10000以上。
- 2) 单位体积的表面积大。

2. 轧制特点

- 1) 从辊缝中轧出，而不是从孔型中轧出，因而改变产品厚度规格较简单、易于调正。
- 2) 轧制压力大，可达数百吨至千吨以上（接触面积大，外阻影响大），并且它容易随

工艺条件的变化而波动, 从而影响板厚的尺寸精度。特别在轧制薄而宽的产品时, 因轧制压力急剧增大, 且不均匀变形敏感性增加, 故较难保证厚度尺寸及板形。

3) 可以采用先进的连轧方法进行成卷生产, 从而可提高轧制速度、生产率和成材率。

3. 使用特点

1) 由于板带钢表面积大, 具有较大的包容和复盖能力, 因而它在化工、建筑、金属制品、金属结构等方面得到广泛应用。

2) 可以任意剪裁、弯曲、冲压、焊接, 制成各种构件和制品, 使用灵活、方便。

三、板带钢的技术要求

钢材的技术要求是为了满足使用上的需要对钢材提出的必须具备的规格和技术性能。它系由使用单位按用途的要求提出, 再根据当时实际生产技术水平的可能性和生产的经济性来制定的, 并随着生产技术的发展而不断提高。

对钢材的技术要求具体体现为产品的标准。钢材的产品标准一般包括有品种(规格)标准、技术条件、试验标准及交货标准等。

根据板带钢用途的不同, 对它们提出的技术要求也各不一样, 但基于其相似的外形和使用条件, 其技术要求仍有共同方面。归纳起来就是尺寸精度、表面质量、板形和性能。这四个方面是反映板带钢产品质量水平的基本指标。

1. 尺寸精度

尺寸精度是指可能达到的尺寸偏差的大小。板带钢的尺寸精度包括厚度、宽度及长度精度, 其中厚度精度最为重要。这是因为厚度尺寸一旦形成后就不能改变, 不像宽度、长度可以任意裁剪、改尺, 同时厚度精度还影响到使用性能、生产难度及金属的节约。板带钢由于 B/H 很大, 厚度一般较小, 厚度的微小变化势必引起其使用性能和金属消耗的较大波动。例如深冲薄板的厚度精度直接关系到冲压制品的质量, 又如以生产厚 2mm 热轧板卷为例, 若将其厚度公差减小 0.1mm, 即相当于节约 5% 的金属。故在板带钢生产中一般都应力争高精度轧制, 力争按负公差轧制。

2. 表面质量

板带钢多用作外围构件, 故必须保证表面质量, 不允许表面存在气泡、结疤、裂纹、伤痕、夹杂及压入氧化铁皮等缺陷。因为这些缺陷不仅损害板制件的外观, 而且往往会恶化性能或成为产生破裂和锈蚀的策源地, 成为应力集中的薄弱环节。例如硅钢片表面的氧化铁皮会直接败坏磁性, 深冲钢板表面的氧化铁皮会使冲压件表面粗糙, 甚至开裂。板带钢的表面质量与炼钢、轧钢操作有关, 需要各工序共同来保证。

3. 板形

板形是板带钢特有的也是很重要的质量指标。为了便于使用, 要求板形良好, 即板面平直, 每米长度上的浪形、瓢曲、侧弯不得超过允许的数值。例如, 优质中厚板, 其每米长度上的瓢曲度不得大于 10mm, 普通薄板不大于 20mm。板形不良系由沿宽度上不均匀变形引

起的,当轧制宽而薄的板带钢时,则其不均匀变形的敏感性愈大,故保证其板形就愈困难。

4. 性能

板带钢的性能一般包括机械性能如强度、塑性、韧性;工艺性能,如冷弯性能、深冲性能,焊接性能;特殊物理化学性能,如电磁性能、耐酸耐热性能等。板带钢依其用途不同,所要求保证的性能类别及相应的指标也有所不同,这在产品标准中有具体的规定。例如锅炉钢板,由于在工作中要承受一定的温度和压力,又处在水和蒸气介质中,并且在制造气包时要对钢板进行剪切、弯曲、焊接等加工,故要求此种钢板具有良好的强度、韧性、塑性以及冷弯焊接性能。又如造船钢板,因船舶在航行中受到江水或海水的腐蚀和极大的压力作用,故此类钢板除应保证足够的机械性能外,还要求一定的抗腐蚀性性能。其他如用于化工、原子能、石油工业等方面的钢板,则需保证特殊的物理化学性能。电工钢板则要求保证较好的电磁性能。航空用板,除对常规力学性能有严格要求外,还需保证高温持久强度、疲劳、断裂韧性等性能。总之,板带钢的用途是极其广泛的,对其性能要求也是多种多样的,并且随着国民经济和科学技术的发展,对板带钢性能要求也日益提高。轧钢工作者的任务就是尽力生产出高性能板带钢等钢材,以满足国民经济发展的需要。

四、板带钢生产技术的发展

近年来板带钢生产的发展趋势可概括为如下几方面:

1. 大型化

主要体现为增大板卷单重和增加钢板宽度。增大板卷单重,不仅可提高产量,而且可减少切头尾损失,增加金属收得率。例如热连轧板卷过去单重为20~30t,现在增大到45t;冷连轧板卷最大单重达60t。增加钢板宽度就是轧制愈来愈宽的钢板。例如目前国外中厚板轧机大都是3000mm以上轧机,可轧制宽3000~5000mm的各种宽厚板,用此钢板建造大型船舶容器,可节约工时,降低制造成本。又如目前热带钢和冷带钢连轧机已采用2000mm以上的轧机,可生产宽2000mm带钢卷,产量高达300~600万t,这种宽带钢在使用上非常有利。

2. 连续化

目前国外热轧冷轧薄板及带钢大都采用连轧机生产,其优点是生产率高,产品质量好,技术经济指标先进,易于自动化。在冷轧带钢方面还发展了全连续式冷轧,进一步提高了生产效率。

3. 高速化

系指轧机的轧制速度不断提高。轧制速度的高低,不仅关系到轧机产量,而且是衡量轧钢技术水平的标志之一。例如,热带钢连轧机的轧制速度,50年代为5~10m/s;60年代为20m/s,目前已提高到30m/s;冷带钢连轧机的轧制速度目前已达到41m/s。提高轧制速度相应要解决有关设备、电器及控制技术等诸多问题。

4. 追求节能, 重视提高产品质量和成材率

自世界石油危机以来, 世界工业发达国家, 已不再扩大钢铁生产, 轧钢生产技术发展的趋向, 已转为节能、提高产品质量和成材率等方面。由此而发展许多轧钢新技术、新工艺和新设备。

如在节能方面, 近年来大力发展和应用板坯热装、连铸坯热送直接轧制, 应用板卷箱和保温罩、加热过程计算机控制、热轧润滑等节能技术, 使能耗大大降低, 达到了相当先进的水平。例如新日铁大分厂厚板轧机的燃耗仅为 13.5 万 kCal/t。

提高产品质量包括提高板带的尺寸精度、改善板形和提高物理、力学性能。如现代化的热带冷带连轧机都普遍采用了 DDC-AGC 系统, 提高了带钢厚度精度。近年来还新研制和应用了各种板形控制技术, 如 HC 轧机、VC 轧辊、CVC 技术、双交叉辊 (PC) 轧制等, 显著地改善了板形。此外, 越来越广泛地应用控制轧制控制冷却技术, 以提高板带产品的机械性能。目前采用控轧控冷已生产出强度高达 50kg/mm^2 以上, 韧性良好的非调质钢板。

提高成材率采用的主要措施有: 增加连铸比, 中厚板平面控制技术, 增加产品单重等。

5. 自动化程度更趋完善

热带和冷带连轧机是钢铁工业最早采用计算机控制的部门, 并得到了迅速的发展。同时, 大力发展管理机系统, 使管理机和控制机系统有机结合起来, 组成了分级集成控制系统, 提高了自动化的水平。自动化的另一发展是进一步提高和完善检测仪表和控制系统的性能和功能。在轧制速度越来越高, 产品品种规格越来越多, 质量要求越来越严格的情况下, 则检测仪表的性能以及控制系统的功能, 必须进一步提高和完善, 才能与之相适应。此外, 还应用现代控制理论, 实现自适应控制和最优化控制等。总之, 目前, 板带轧机特别是带钢连轧机的自动化已达到相当完善和高级的水平。

第一章 中厚板生产

如前所述,我国习惯上称厚4~20mm的板材为中板,厚20~60mm的为厚板,厚度大于60mm的为特厚板。划分中厚板的厚度各国规定不尽相同,美国根本没有“中板”一词,只有薄板与厚板之分,厚3.75mm以上者为厚板;日本规定厚3~6mm板材为中板;西德把4~10mm板材称为中板。

中厚板是国民经济发展不可缺少的钢材品种,其用途较为广泛。可用于制造车辆、船舶、桥梁、锅炉、容器、油罐、坦克等,还可用作制造大口径焊管及大型钢梁的原料。此外,由于近代焊接技术的进步,原来采用铸造法制造的一些大型部件,现可用厚板焊接结构,如轧钢机架,人字齿轮机座及大型型钢矫直机机架等,已成功地采用了厚板焊接结构。其优点是,在保证部件的强度、刚度条件下,可减轻部件重量,节约金属,降低制造成本,并能缩短制造工期。

第一节 中厚板轧机型式

中厚板可采用以下几种轧机轧制

一、单机架中厚板轧机

中厚板轧制过程在一架轧机上进行,按轧机结构分为二辊可逆式、三辊劳特式、四辊可逆式及带立辊的四辊万能式轧机,如图1-1所示。单机架轧机附属设备少、投资省、建厂快,但产量不高,一般年产量为20~30万t。

1. 二辊可逆式轧机

这是早期轧制中厚板采用的一种轧机,轧辊直径一般为800~1300mm,辊身长度达3000~5000mm。其特点是,采用直流电机驱动,轧件在两轧辊间进行往复轧制,不需要升降台和主机列变速箱,还能调整轧制速度,实现低速咬入,有利于增加压下量,并且由于它具有初轧机功能,故对原料种类和尺寸的适应性较大。但这种轧机辊系的刚性较差,故轧制精度不高。目前二辊可逆式轧机已不再单独兴建,而只是有时作为粗轧机或专门用于轧制特厚板的轧机。

2. 三辊劳特轧机

这是一种专门用于轧制中板的轧机,其结构特点是,上下两辊直径较大,并为传动辊;中辊直径较小,为从动辊,通过轧件与上辊或下辊的摩擦带动;采用交流电机驱动,并设有减速箱和飞轮。三辊劳特轧机一般上下轧辊直径700~850mm,中辊直径500~550mm,辊身长度1800~2300mm,传动功率1500~3000kW。这种轧机与二辊可逆式轧机相比有以下优点:1)轧制时中辊受到上辊或下辊支承,轧辊的刚性增加,再配合适当辊型,有利于提高钢板的轧制精度,2)中辊直径小,在压下量相同的条件下,可以降低轧制压力与减少能量消耗,3)采用交流感应电机传动,造价低,主电机带有飞轮可以均衡电机负荷。其缺点是:1)中辊直径小,又是从动辊,轧制速度也较高,因而咬入条件较差,2)轧机需设置减速箱及摆动升降台等机械设备。这种轧机常用以生产4~20mm的中板,现在因四辊轧机兴起,一般不再新建此轧机,但由于其设备简单、投资少,故在中小型企业仍得到采用。

3. 四辊可逆轧机

这是现代应用最广泛的中厚板轧机，它具有两个小直径工作辊和两个直径较大的支承辊，采用直流电机驱动，轧件在两工作辊间往复轧制。它集中了二辊和三辊劳特轧机的优点，既降低了轧制压力，又大大增强了轧机刚性，并且生产灵活，轧制的产品范围广。故这种轧机适合于轧制各种尺寸规格的中厚板，尤其是轧制宽度较宽，精度和板形要求较严格的中厚板，更离不开它。但因其造价较高，故一般只用作精轧机。

4. 万能式厚板轧机

又称齐边式钢板轧机，即在同一机座上附设有立辊的厚板轧机，水平辊既可是二辊或四辊可逆式轧机，又可是三辊劳特式轧机。立辊设在出口一侧，也有少数轧机在出口与入口两侧各设一对立辊。这种轧机的特点是利用立辊轧边，使轧出钢板两侧边平直，无需进行剪边，因而降低了金属消耗，成品率可提高10%左右。但此轧机结构复杂，造价较高，且不适于轧制宽而薄的中厚板。

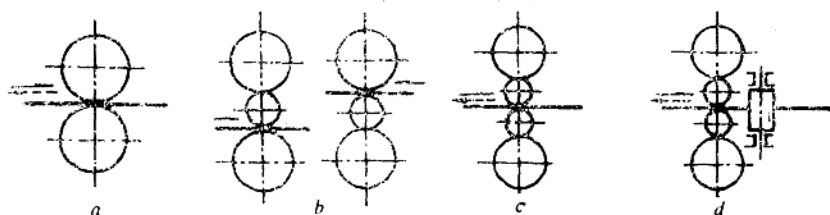


图1-1 单机架中厚板轧机的型式

- a—二辊可逆式； b—三辊劳特式；
c—四辊可逆式； d—四辊万能式

二、双机架中厚板轧机

它由粗轧机和精轧机组成，中厚板轧制过程分别在两架轧机上完成。早期曾有过并列式双机架轧机，但由于其流程复杂，操作不便，故没有得到发展。目前得到广泛采用的是纵列式双机架轧机。其优点是，流程合理，轧机产量高，产品表面质量、尺寸精度及板形都比较好。双机架轧机的粗轧机可采用二辊可逆式，三辊劳特式或四辊可逆式；而精轧机则一般都采用四辊可逆式，如图1-2所示。

1. 二辊—四辊式

粗轧机采用二辊可逆式轧机，不仅分担了一部分轧制道次，而且提高了机组的能力和成品的表面质量，并有较好的咬入条件，制定压下规程的灵活性大。这种轧机既可用于将重量较大的钢锭，直接轧制成厚板，也可采用板坯生产各种尺寸的中厚板。

2. 三辊—四辊式

粗轧机采用三辊劳特式轧机，由于原料的重量

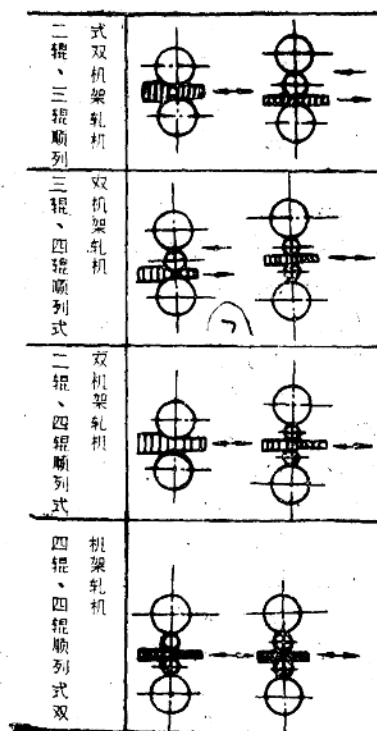


图1-2 双机架中厚板轧机的型式

受到限制，故它适用于轧制较薄的中厚板。三辊轧机需有较多的机械设备，但电气设备的投资少。

3. 四辊—四辊式

这种轧机轧制的钢板质量好，品种范围广，轧机备件可以共用，但投资较大。

此外，如轧制精度不甚高和宽度不甚大的钢板，也可使用以三辊劳特式轧机为精轧机的双机架轧机。其组合方式可为二辊—三辊式或三辊—三辊式。

我国目前以二辊粗轧加四辊精轧的型式较普遍，个别厂采用二辊加三辊及三辊加四辊的型式。美国、加拿大的中厚板厂多采用二辊加四辊式，而欧洲和日本则多采用四辊粗轧加四辊精轧的型式。

轧制中厚板应采用那种型式轧机，要依据生产规模、产品品种，质量要求及投资等合理选择。国内现有的中厚板轧机如表1-1所示。

表1-1 我国中厚板轧机

序号	厂名	投产年代	轧机型式	尺寸 mm	轧机水平年代	生产能力 10 ⁴ t
1	舞钢	1978.9	4h	4200	50	40
2	武钢	1966.8	2h+4h	2800	50	80
3	鞍钢半连轧厂	1958.7	2h+4h+4h×6	2800×2+1700×6	50	20
4	鞍钢一中板	1936	3h	2300	30~40	23
5	重钢五厂	1965.12	2h+4h	2350+2450	50	20
6	上钢三厂	1959	3h+4h	2350+2350	50	30
7	天钢中板	1958	3h	2300	30~40	15
8	昆钢	1971.5	3h	2300	30~40	15
9	营口中板	1972.6	3h	2300	30~40	10
10	安钢	1974.11	3h	2300	30~40	12
11	韶钢	1971.12	3h	2300	30~40	12
12	广钢	1958	3h	1700	30~40	5
13	上钢一厂	1972.7	2h+4h+4h×5	2300×2+1200×5	50	20
14	南京钢厂	1977.10	4h	2300	50	12
15	马钢	1975.4	4h	2300	50	15
16	邯钢	1971.12	3h	2300	30~40	12
17	太钢五轧厂	1966.10	2h+4h+炉卷	2300×2+1700	50	10
18	柳钢	1974.9	3h	2300	30~40	15
19	临钢	1974.11	3h	2300	30~40	12
20	济钢	1960.5	3h	2300	30~40	12
	合计					412

第二节 中厚板轧制过程及轧制方法

一、中厚板轧制过程

中厚板轧制的任务是在各种型式轧机上,将一定钢种和尺寸规格的扁锭或板坯轧成要求尺寸和性能的成品钢板。整个轧制过程大致可分为除鳞、粗轧和精轧几个阶段。

1. 除鳞阶段

是开始的几个轧制道次(沿坯料纵向轧制),其主要任务是去除轧件表面的炉生(一次)氧化铁皮和次生(二次)氧化铁皮,以保证成品钢板的表面质量。铁皮的清除必须在轧制开始趁铁皮较热尚未压入表面且轧件表面不大时进行。清除铁皮的方法有以下几种:

1) 爆破除鳞:它是向高温轧件表面投以竹枝、杏条、食盐等物爆破清除铁皮。此方法虽然简单,但劳动条件差,污染环境,且不易除净,故现在很少采用。

2) 机械除鳞:它是利用齿轮式辊压机或钢丝刷等辊刷及压缩空气或蒸气吹扫清除铁皮。由于此方法不易除净,故也很少采用。

3) 高压水除鳞:它利用高压水强烈冲击作用去除铁皮,是近代中厚板生产广泛采用的除鳞方法。1965年以前的中厚板轧机曾采用大立辊机架轧边和挤松铁皮,再以高压水喷头除鳞,因需增设大立辊机架,故投资较大。1965年以后新建的以板坯为原料的中厚板轧机,通常已不再采用此种除鳞机架,而单纯采用投资较少的高压水除鳞箱及轧机前后的高压水喷头除鳞。实践证明,这种方法投资少,效果好,可完全除净铁皮。高压水喷水压力对普碳钢一般为 $120\text{kg}/\text{cm}^2$,对合金钢为 $170\text{kg}/\text{cm}^2$,甚至高达 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

2. 粗轧阶段

此阶段的主要任务是利用金属在高温下塑性好变形抗力低的有利条件,将板坯或扁锭展宽到所需宽度和对轧件进行大压量的压缩延伸,为精轧阶段提供厚度、宽度适合的中间轧件。展宽轧制可以采用横轧法和角轧法,角轧宽展法主要用于三辊劳特式轧机。

3. 精轧阶段

是中厚板轧制的后期轧制道次,其任务除继续延伸轧件外,主要是最终控制成品钢板的板形、厚度、性能和表面质量。因此不宜采用较大压下量,并要求控制终轧温度和注意辊面质量的维护。

二、中厚板轧制方法

在中厚板轧机上将坯料轧成要求的成品钢板可使用不同轧制方法

1. 纵轧法

使坯料长轴方向垂直于轧辊轴线送入轧机轧制(即沿坯料长轴方向延伸轧件)的操作方法称为纵轧(图1-3)。当坯料宽度大于或等于毛边钢板宽度时,可不用展宽而直接纵轧轧成成品。这种轧制方法操作简便,金属消耗少,产量较高。但因钢板存在各向异性(横向机械性能低于纵向),且受坯料宽度限制,故实际生产中很少使用。

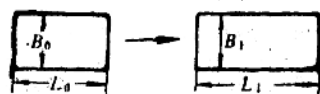


图1-3 纵轧法示意图

2. 横轧法

使坯料长轴平行于轧辊轴线送入轧机轧制(即横轧展宽)的操作方法称为横轧法(图

1-4)。当坯料长度大于或等于毛边钢板宽度时，可一直横轧成成品。此种方法，当以初轧坯为原料时，可以改善钢板的各向异性（因纵横方向都受到变形），但由于开轧时，坯料需转位 90° ，使产量有所降低，并且必须保证坯料长度符合钢板宽度要求，故实际使用也不多。

显然，单纯采用纵轧法或横轧法都受到一些条件的限制，实际生产中主要是上述两种相配合的综合轧制方法。

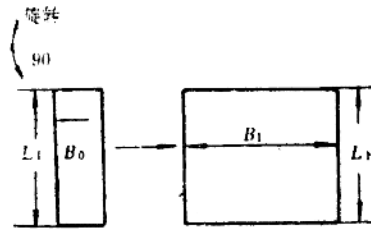


图1-4 横轧法示意图

3. 纵轧—横轧法

当以扁锭为原料（或板坯长度不足）时，可以采用先纵轧几道，轧平钢锭锥度和轧长，待其长度达到与钢板毛边宽度相适应的尺寸后，再回转 90° 进行横轧，直至获得成品。此种轧制方法，由于在两个方向都得到变形，有助于改善钢板的各向异性，并且可以使用宽度与长度均小于钢板宽度要求的原料进行轧制。但为了保证成品尺寸的要求，必须注意纵向和横向变形量的分配，否则会降低钢板的成材率。

4. 横轧—纵轧法

它是将宽度小于钢板所需宽度的板坯，轧制前回转 90° 进行横轧宽展，当坯料宽度达到要求后，再回转 90° 进行纵轧，一直轧成要求的成品。这是生产中厚板最常用的方法。其优点是：板坯宽度与钢板宽度可以灵活配合；可以提高横向性能，减少钢板的各向异性，因而它更适用于以连铸坯料为原料轧制中厚板。但也存在轧机产量有所降低及横向性能不足等缺点。

在三辊劳特式轧机上，通常采用角轧—纵轧法，即用角轧代替横轧进行展宽轧制。所谓角轧就是使轧件的纵轴与轧辊轴线呈一定角度送入轧辊进行轧制的方法（图1-5）。其送入角一般在 $15^\circ \sim 45^\circ$ 范围内。每一对角线轧制1~2道后，再更换为另一对角线轧制，其主要原则是要使轧件能够迅速展至所需要的宽度而其形状又不至发生歪斜。采用角轧展宽的优点是：轧制时的冲击小，易于咬入；其缺点是操作麻烦（需拨钢），金属消耗大。故它仅用于三辊劳特轧机生产中厚板。

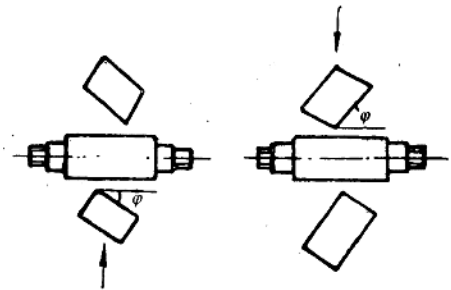


图1-5 角轧法示意图

第三节 中厚板生产工艺过程

由一定化学成分、断面形状和尺寸的原料（钢锭或钢坯）得到所需形状、尺寸和性能的钢材产品，所采用一系列工序的组合，称为轧钢工艺过程（或工艺流程）。不同轧制产品具有不同的工艺过程。在各种轧机上生产中厚板产品的工艺过程大致如下：

一、原料

轧制中厚板用的原料可分为三种。

1. 扁锭

用钢锭直接轧制中厚板，由于成材率低，产品质量不易保证，故只当在无法获得初轧板坯或轧制较厚的特厚板情况下才采用。

2. 初轧板坯

使用初轧板坯轧制中厚板，有利于提高轧机产量和成品质量，金属消耗也较用钢锭为低，并且供坯尺寸较灵活，故我国多数中厚板厂大都采用初轧板坯为原料。

3. 连铸板坯

近年来国外更趋向采用连铸板坯轧制中厚板，日本中厚板厂的连铸比达60%以上，而我国目前的连铸比还不到10%。用连铸板坯轧制，由于沿板坯长度方向组织的均一性和断面形状好，短尺坯少，故金属收得率高，成材率一般可比用初轧坯提高2~4%。

二、加热

坯料轧前加热的目的是增加金属塑性，降低变形抗力，有利于轧制。加热是轧钢生产的一个重要工序，它对产量、产品质量及能耗均有重要影响。中厚板厂坯料加热用的加热炉有以下几种：

1. 均热炉

一般为坑式，多面加热，主要用于大型扁锭加热。

2. 室状炉

产量低，但生产灵活，主要用于多品种小批量合金钢锭、坯的加热。

3. 连续式加热炉

产量高，加热质量好，是目前各中厚板厂广泛采用的一种加热炉，它既可用于加热扁锭，也可用于加热板坯。根据炉型，连续炉可分为二段、三段和多段式。中厚板厂一般采用三段式或多段式连续炉。根据炉底结构，连续炉又分为滑轨式和步进式两种。步进式连续加热炉，由于其加热质量优良，故现代化中厚板厂更趋向于采用此种加热炉。

在各种加热炉内加热时，坯料的出炉温度（即加热温度）主要取决于钢种、断面尺寸及加热速度等，并应保证加热温度的均匀，避免过热，过烧和尽量减少氧化。

连续式加热炉结构如图1-6所示。

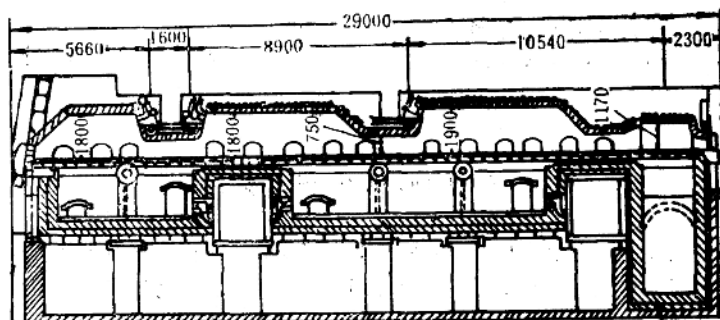


图1-6 连续式加热炉（六段式热滑轨型）

三、轧制

轧制是轧钢生产工艺过程的核心工序,通过它完成由坯料到成品的变形过程,获得所要求的断面形状、尺寸、表面质量及内部组织和性能的轧制产品。中厚板的轧制可在各种轧机上进行,其轧制过程及轧制方法如前节所述。为了高产、优质、经济地生产中厚板,轧制中最重要的拟定合适的轧制规程。为了提高轧制精度,近年来国外新建中厚板轧机普遍设置了 AGC 系统及液压弯辊装置,轧制的钢板板形优良,几何尺寸达到相当高的精度,厚度偏差 0.08mm ,宽度偏差 $8\sim 10\text{mm}$,长度偏差 10mm ,铲刀弯 5mm 。此外,在提高产品性能方面,目前国内外中厚板生产厂都十分重视和大力应用控轧控冷技术,可生产出具有良好综合性能的优质中厚板,达到热处理(常化或调质)或较多合金元素含量钢中厚板的性能水平。在国外,控轧板已作为商品钢板供应市场,已能生产强度级别在 50kg/mm^2 以上,韧性良好的非调质钢板。

四、精整及热处理

精整是轧钢生产工艺过程中最后的也是较复杂的工序,它主要是对产品质量起最终保证作用。由于轧制产品种类及技术要求不同,其精整工序也有差别。中厚板轧后精整一般包括以下工序:

1. 矫直

为使板形平直,钢板轧后必须趁热进行矫直,钢板热矫直通常在布置于精轧机之后冷床之前作业线上的二重式或四重式辊式矫直机上进行。矫直温度随板厚及终轧温度不同为 $650\sim 1000^\circ\text{C}$ 。冷矫直机一般是离线使用,作为热矫后补充矫直。因热矫直机是对高温钢板进行矫直,故矫直辊需要冷却,一般在辊子的外部喷射冷却水,并在空心辊子内部通冷却水进行循环。近年来,为提高中厚板矫直效果和表面质量,趋向于采用能力强大的四重式辊式矫直机,并设有清除氧化铁皮装置。

2. 冷却

此工序是在各种型式冷床上将经终轧及热矫直后的高温钢板冷却到 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 以下,以便于对钢板进行后序精整操作。中厚板厂采用的冷床型式有链式、圆盘式及步进式冷床三种。链式冷床虽设备简单,但易造成板面刮伤;圆盘式及步进式冷床,由于钢板冷却均匀及不损伤板面,故近年来趋于采用此两种冷床。

3. 钢板检查

钢板表面缺陷检查是在冷床出口处进行目视检查,然后用翻板机翻转钢板进行反面的目视检查。此方法虽可靠但效率低,而且又是在热辐射条件下工作,所以工作环境差。最近发展在输送辊道下面建造地下室来进行反面检查。

4. 钢板剪切

钢板检查后进入剪切作业线,首先进行划线,随后切头(两头不合格部分)、剪切定尺和切边。划线是由操作人员用卷尺、定尺规等或采用划线机在钢板上划出切断位置。钢板切头和剪切定尺一般采用上剪式斜刀剪,近年来,为了减少剪切翘曲,提高剪切精度,发展了摆动式剪和滚切剪,它们的剪切动作如图1-7所示。