

YE JIN SHI YONG JI SHU CONG SHU



冶金实用技术丛书

轧 钢

刘战英 主编

冶金工业出版社

冶金实用技术丛书

轧 钢

刘战英 主编

冶金工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

轧钢/刘战英主编 —北京:冶金工业出版社,
1995.9(1999.8重印)

(冶金实用技术丛书)

ISBN 7-5024-1725-7

I. 轧… II. 刘… III. 轧钢学 IV. TG33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 08057 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 戴群

北京市顺义兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1995 年 9 月第 1 版,1999 年 8 月第 2 次印刷

850mm×1168mm 1/32:11.375 印张;298 千字;353 页;3001~5000 册

25.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64013877

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)

前 言

为了满足冶金企业广大职工学习技术知识,提高操作水平的愿望,冶金工业出版社组织编写了一套冶金实用技术丛书。本书是这套丛书之一。

众所周知,轧钢是冶金企业生产中的最后一个生产环节。如何提高产品的质量、产量和降低消耗、成本是我们追求的目标。为了普及轧钢生产知识,提高操作工人的技术水平及管理人员的专业知识,我们编写了本书。本书共分八章,包括轧钢生产概述、轧制理论基础、原料与加热、钢坯生产、型钢生产、板带钢生产、钢管生产及技术经济指标等。书中较详细地介绍了轧钢生产的基本知识和生产过程、生产操作方法和产品质量缺陷的产生及防止,内容以介绍实用技术为主,可作为轧钢工人的技术培训教材,也可供生产管理人员及大中专院校有关专业的师生参考。

本书第4章4.3,第5章5.3由李军编写。第5章5.1、5.2,由段长增、郭三祥编写。第5章5.4,第7章由刘明哲编写。其余由刘战英编写。全书由刘战英主编,李军副主编。在编写过程中参考了大量有关专著和资料,在此向参考文献的作者表示感谢。

唐山钢铁(集团)公司高天祥高级工程师审阅了全书,并提出了宝贵的意见。在编写过程得到马义德教授的热情指导。在此一并表示衷心感谢!

由于作者的业务水平有限,书中可能有很多不妥之处,敬请读者给予批评指正。

编 者

一九九四年十二月

目 录

1 轧钢生产概述	(1)
1.1 钢材的品种	(2)
1.2 轧钢生产系统	(5)
1.3 轧钢生产的工艺过程	(7)
1.4 轧钢生产的发展趋势	(10)
2 轧制理论基础	(12)
2.1 轧制基本概念	(12)
2.2 轧件的咬入	(15)
2.3 宽展	(20)
2.4 前滑与后滑	(24)
2.5 轧制压力	(29)
2.6 电机传动轧辊的力矩	(33)
2.7 轧制图表与静力矩图	(36)
2.8 连轧	(41)
2.9 斜轧	(43)
3 原料与加热	(47)
3.1 原料	(47)
3.2 原料的加热	(52)
3.3 加热设备	(55)
3.4 加热炉热工操作	(61)
3.5 加热炉的生产能力	(62)
4 钢坯生产	(64)
4.1 概述	(64)
4.2 初轧坯生产	(66)
4.3 中小型钢坯生产	(78)

4.4	连铸坯生产	(100)
5	型钢生产	(109)
5.1	概述	(109)
5.2	大中型钢生产	(112)
5.3	小型型钢及棒材生产	(156)
5.4	线材生产	(187)
5.5	冷弯型钢生产	(212)
5.6	型钢生产新技术	(218)
6	板带钢生产	(225)
6.1	概述	(225)
6.2	中厚板生产	(226)
6.3	热连轧带钢生产	(267)
6.4	其他热带轧机	(281)
6.5	冷轧带钢生产	(283)
6.6	板带钢生产新技术	(305)
7	钢管生产	(312)
7.1	概述	(312)
7.2	热轧无缝钢管生产	(312)
7.3	电焊管生产	(336)
7.4	钢管的冷加工	(339)
7.5	钢管生产新技术	(343)
8	轧钢生产技术经济指标与经济概算	(346)
8.1	各类消耗	(346)
8.2	轧钢机生产能力	(349)
8.3	成材率、合格率及劳动生产率	(351)
8.4	经济概算	(352)
	主要参考文献	(353)

1 轧钢生产概述

钢铁是我们广泛应用的一种材料。在工业、农业、交通、建筑、国防等部门钢铁材料所起的作用极为重要。钢铁的生产水平是衡量一个国家现代化水平的重要标志。在钢的生产总量中,除少部分用铸造和锻造法制成器件以外,其余 90% 以上的钢都需经轧制成材。有些钢材虽然不经轧钢车间生产,但也需由轧钢车间提供坯料。因此,在现代化钢铁联合企业里,作为钢铁生产最后一个环节的轧钢生产,在国民经济中占有极其重要的地位。

在世界范围内,钢铁的需求量很大。可以说,目前的世界还是钢铁的世界。国民经济各个部门都离不开钢铁这种材料。

钢铁应用如此广泛,需求量如此之大是由于钢铁本身的性能和来源所决定的。对于钢铁材料,人们可以用铁这一元素为基体,得到从低强度到高强度,从韧性到脆性的各种钢铁材料,以及具有优良的耐磨性能、耐热性能和耐腐蚀性能等各种优良性能的合金。这是其他金属材料所没有的特征。钢容易加工,可以轧制、锻造、挤压和冲压成型,还可以车削、焊接和铸造,并能够与热处理结合以得到不同性能的产品。这些优点使钢铁产品具有难以被其他材料代替的重要位置。

钢铁材料制品的生产方式,最主要的是轧制。因为轧制法生产效率高,产品种类多,生产成本低,适合于大规模生产。所以在钢铁联合企业中形成了炼铁、炼钢和轧钢三个生产环节。随着生产的发展,科学技术的进步,轧制技术也在不断发展和进步。这从以下几个方面可以看出:

(1)生产过程缩短、紧凑。炼钢与轧钢的衔接形成连铸连轧。与传统的铸锭、开坯、轧材相比,生产周期短、工序少、能耗及其他消耗小。生产过程的综合形成了紧凑式短流程生产车间。

(2)新技术越来越多地应用于轧钢生产。计算机控制、液压技

术、板型控制、控轧控冷等技术使轧制过程向最佳化,轧制产品向最优化发展。

(3)塑性加工基础理论的发展使轧制过程模型化。建立各种生产条件下的轧制数学模型、综合力学模型,利用计算机控制生产过程,使工艺技术向工程科学迈进。

(4)利用最优化技术确定最佳参数和工艺制度,优化生产过程。以便优质、高产、低消耗、低成本地生产各种钢材。

(5)新技术和新工艺的应用,使轧制产品的质量、性能提高,满足了使用上越来越高的要求。

现代的轧制产品,对实物质量要求越来越高,市场竞争也十分激烈。因此高质量、高产量、低成本地生产各类钢材,以满足国民经济各个部门的需求,是我们追求的目标。

1.1 钢材的品种

轧制钢材产品的种类很多,而且随着社会的需求和轧制技术的发展,轧制产品的规格和种类仍在不断增加。

我们可以按轧制产品的断面形状分类。

1.1.1 型钢

型钢在钢材中品种最多。每种形状的断面又有很多不同尺寸规格。按其断面形状又可分为简单断面和复杂断面两大类。

1.1.1.1 简单断面型材

如图 1-1a 所示。常见的有:

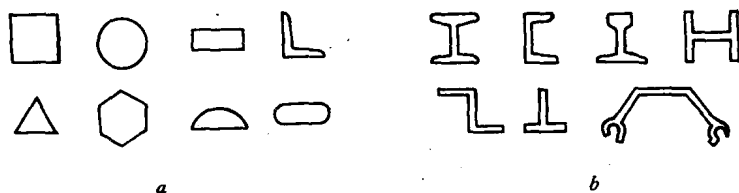


图 1-1 各种型钢横断面示意图

a—简单断面; b—复杂断面

方钢:其规格以其边长尺寸表示。一般方钢边长为 5~250mm。

圆钢:其规格以其直径尺寸表示。一般圆钢直径为 5~200mm。其中直径为 5~9mm 的圆钢,成盘交货,故称盘条。由于断面小长度大,也称线材。

扁钢:其规格以其断面宽度与厚度之乘积表示。宽度为 12~200mm,厚度为 4~60mm。

角钢:有等边与不等边角钢之分,等边角钢每侧腿长 20~250mm,相应称为 No. 2~No. 25 角钢。不等边角钢的两侧边长为 25/16~250/160mm,相应称为 No. 2.5/1.6~No. 25/16 不等边角钢。

此外,简单断面型钢中还有三角钢、六角钢及弓型钢等多种。

1.1.1.2 复杂断面型材

如图 1-1b 所示。常见的有:

工字钢:有标准工字钢、轻型工字钢及宽腿工字钢之分。标准工字钢腰的高度为 100~600mm,相应称为 No. 10~No. 60 工字钢。标准工字钢边缘内侧有 14% 的斜度。轻型工字钢腰的高度为 100~320mm,相应称 No. 10~No. 32 轻型工字钢。宽腿工字钢腰的高度为 80~1200mm,相应称 No. 8~No. 120 宽腿工字钢。由于宽腿工字钢的边缘内外两侧互相平行,也称 H 型钢。

槽钢:标准槽钢的腰高为 50~450mm,相应称 No. 5~No. 45 槽钢。标准槽钢的边缘内侧斜度为 9%。

钢轨:各类钢轨均以每米长度的重量表示其规格的大小。7~24kg/m 为矿山用轻轨,38~75kg/m 为铁路用重轨,80~120kg/m 为吊车用起重机轨。

此外,复杂断面型材常见的还有 Z 字钢、T 字钢、钢板桩、重轨接板、窗框钢等。尤其是小异型钢材,各式各样断面形状 of 型材就更多了,在此就不一一列举了。

1.1.2 钢板

钢板按厚度可分为厚板、薄板和箔材三大类。

厚板:厚度为 4~160mm 以上,宽度为 600~3500mm 以上(最宽可达 5000mm)的钢板。

薄板:厚度为 0.2~4.0mm 的钢板。迭轧薄板宽度为 600~1000mm,长度为宽度的 2 倍,连轧机轧制的宽带钢宽度为 600~2200mm,长度可达几百米至数千米。

箔材:厚度小于 0.2mm 以下的钢板。最薄可达 0.02mm。

1.1.3 钢管

空心封闭断面的钢材称为钢管。最常见的钢管断面形状一般为圆形。但是也有很多种断面形状很复杂的异型钢管,如图 1-2 所示。按生产方法可分为无缝钢管与有缝钢管(又称焊接钢管)两大类。

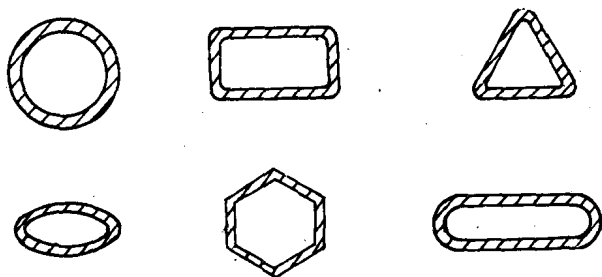


图 1-2 部分钢管断面示意图

1.1.4 周期断面钢材

在同一钢材上沿纵向各部断面尺寸或形状不同,并作周期性变化的钢材称周期断面钢材。这类钢材有些可在一般轧机上进行轧制,最常见的有螺纹钢及肋骨钢。有些则必须在特殊结构的专门轧机上才能生产。

1.1.5 特殊断面钢材

特殊断面钢材常见的有车轮、轮箍和钢球。这些产品是在特殊结构的轧机上生产的。

冷弯型钢是在冷状态下把带钢逐步弯曲成型,这种方法生产的钢材称冷弯型钢。冷弯型钢和热轧型钢相比,冷弯型钢精度高、厚度小,并可生产出轧制法不能生产的品种。

用轧制法生产钢材,生产效率高、质量好、金属消耗少及生产成本低。随着轧制技术水平的提高,轧制钢材产量的增加,钢材的品种必将日益增加。

1.2 轧钢生产系统

在钢铁联合企业,由于轧制产品的种类多,各类轧制产品的加工方法也不尽相同,所以生产各种轧制产品的轧机必须组成各种专门生产系统。

传统的轧制产品的生产方法,是由炼钢车间浇铸的钢锭,经初轧机(或开坯机)轧制成各种规格的钢坯,然后再通过成品轧机轧制成各种钢材。近几十年来由于连续铸钢技术的发展,连铸坯的产量在大幅度增加。炼出来的钢水通过连铸机直接浇铸成各种规格的连铸坯,然后再将连铸坯轧制成各种钢材。这种方法省去了铸锭、初轧等许多工序,简化了生产工艺过程,而且有节约金属、提高成材率、节约能耗、降低生产成本、改善劳动条件、提高劳动生产率等一系列优点,所以各国都在大力发展连铸。连铸坯的发展为简化轧钢生产系统,提供了有利的条件。

轧钢生产系统是依据原料来源、产品种类和生产规模不同,将初轧机或连铸机与各种成品轧机配套设置,形成在原料规格和生产能力上供求平衡的生产流程。

按生产规模可分为大型、中型和小型生产系统;按产品种类可分为板带钢、型钢、合金钢和混合生产系统。

板带钢生产系统:由板坯初轧机将大钢锭轧成板坯,然后再由钢板轧机轧成中厚板或热带钢。也可由连铸机铸成板坯后再轧制成中厚板或热带钢。该生产系统年产量较高。

型钢生产系统:生产规模较板带钢生产系统小。就其本身规模可分为大型、中型和小型生产系统。一般年产量在100万t以上称大型生产系统,年产量在30~100万t为中型生产系统,年产量在30万t以下称小型生产系统。

混合生产系统:在一个钢铁企业中可同时生产板带钢、型钢或

钢管的生产系统称为混合生产系统。混合生产系统可满足多品种的需要,而单一的生产系统有利于提高产量和质量。

合金钢生产系统:由于合金钢的用途、钢种特性及生产工艺都比较特殊,材料也比较珍贵,产量不大而产品种类繁多,故其生产系统常属中型或小型的型钢生产系统或混合生产系统。由于有些合金钢塑性较低,故开坯除轧制外,有时还采用锻造开坯。

各种轧钢生产系统组成示例见表 1-1。

在钢铁联合企业,由于成品轧机生产不同规格的钢材所需要的原料规格和数量不同,轧钢生产都形成一定的生产系统。为了充分发挥成品轧机的能力,必须满足成品轧机的供料要求。各轧钢车间所用原料,炼钢车间不可能做到直接用钢锭供料。因为多种规格大小不等的钢锭会使炼钢铸锭无法处理,而且质量差消耗大,所以炼钢车间一般浇铸少数几个规格的大钢锭。这些大钢锭再经初轧机轧制成各种规格的钢坯,供成品轧机轧材。当然也可通过连铸机直接铸成连铸坯供成品轧机。这样原料的品种和规格、产量都配套设置就组成了轧钢生产系统。各类成品轧机只有形成轧钢生产系统,才能充分发挥其生产能力。

1.3 轧钢生产的工艺过程

将钢锭或钢坯轧制成一定形状和性能的钢材,需要经过一系列的工序,这些工序的组合叫做轧钢生产工艺过程。

由于钢材的品种繁多,规格形状、钢种和用途各不相同,因此轧制不同产品采用的工艺过程不同。

正确地制定工艺过程,对保证产品的质量、产量和降低成本具有重要意义。轧钢生产的工艺过程,根据使用原料的不同,生产品种的不同以及轧钢设备的不同而不同。一般来说,轧钢生产工艺过程是由几个基本工序组成的。

1.3.1 坯料准备

包括按炉号将坯料堆放在原料仓库,清理表面缺陷,去除氧化铁皮和预先热处理坯料等。

1.3.2 坯料加热

坯料加热是热轧生产的重要生产工序。将坯料加热到所要求的温度后,再进行轧制。

1.3.3 钢的轧制

是轧钢生产工艺过程的核心工序。轧钢工序的两大任务是精确成型和改善组织性能。

1.3.4 精整

精整工序通常包括钢材的切断或卷取、轧后冷却、矫直、成品热处理、成品表面清理、包装等工序。该工序对产品质量起着最终的保证作用。

每种钢材都必须具有能满足使用需要的规格与技术性能,如断面形状和尺寸、机械性能、化学成分和内部组织等。对钢材规格和技术性能的要求称为产品的技术要求。在制定生产工艺过程时,不论采取哪种加工方式和选用什么工序,都必须保证产品质量达到相应的技术要求,产品才能具有较高的使用价值。因此,产品的技术要求是制定工艺过程的首要依据。

因为各种钢材的使用条件不同,所以各种钢材的技术要求也不同。又因为使用上的要求和生产上的技术水平之间有矛盾,特别是对那些使用范围广,同时又有许多厂家生产的产品,为便于钢材的使用和生产,需要制定统一的产品技术标准。在制定产品技术标准时,除了考虑使用单位的技术要求外,还要考虑生产上的可能性和经济性。所以产品的技术标准,既反映用户对产品的技术要求,又反映生产部门能达到和必须达到的技术水平。随着生产水平的提高和科学技术的进步,各种钢材也在不断地满足使用单位越来越高的技术要求,所以说产品的技术标准也不断在提高。

产品的技术标准,按照其制定权限和使用范围可以分为国家标准(GB)、专业标准(ZB)、部标准(YB)、企业标准等。但无论哪种产品技术标准都包括下列内容:

(1)规格标准。规定钢材应具有断面形状、尺寸及允许偏差,并且附有供使用时参考的参数。

(2)技术条件标准。规定有关金属的化学成分、物理机械性能、热处理性能、晶粒度、抗腐蚀性、工艺性能及其他特殊性能要求等。

(3)试验方法标准。规定做试验时的取样部位、试样形状和尺寸、试验条件及试验方法等内容。

(4)交货标准。规定钢材交货验收时的包装、标志方法及部位等内容。

在制定工艺过程时,还应考虑到所加工钢种的工艺性能,包括变形抗力、塑性、导热性能、对某些缺陷的敏感性等。它反映了钢的加工难易程度,决定并影响钢的加工方式和方法。生产工艺过程确定的合理与否与所生产的产品成本有关,一般说来,钢的加工工艺性能越差,产品技术要求越高,其工艺过程就越复杂,工艺要求越严格,生产过程中各种消耗也越高。反之,则成本下降。因此成本高低在一定程度上反映了生产工艺过程是否合理。

轧钢生产工艺过程,一般可分为碳素钢与合金钢两大类生产工艺过程。因为碳素钢与合金钢从生产规模、钢种特性以及使用要求都不相同,所以工艺过程也不相同。即使碳素钢与合金钢在生产工艺过程中都有相同的某一工序,但该工序的具体规程也不完全相同。一般来讲,合金钢在生产工序上比碳素钢多出了原料准备中的退火、轧制后的退火、酸洗等工序,在开坯中合金钢有时要采用锻造开坯等。合金钢的生产工艺过程与碳素钢相比较为复杂,工艺制度要求也较严格,这是由于产品标准对合金钢钢材的技术要求比碳素钢高,而且合金钢的钢种特性也较复杂。

碳素钢钢材的主生产工艺过程,一般可分为如下四个基本类型:

(1)采用连铸坯的生产系统的工艺过程。由连铸机铸成的连铸坯,一次加热轧出成品。并可采用连铸坯直接轧制(CC-DR)。该工艺过程可大幅度节约热能,提高成材率及简化工艺及设备,是轧钢生产发展的方向。

(2)采用铸锭的大型生产系统的工艺过程。使用大钢锭一般采用热装均热,经初轧机开坯后再轧制成材。一般需二次加热轧出成品。由于钢锭重量大,为节约热能一般采用热锭作业。

(3)采用铸锭的中型生产系统的工艺过程。由于钢锭重量较小,通常采用冷锭作业。经二辊或三辊开坯机开坯后再轧材,也有一次加热将小钢锭直接轧材的。

(4)采用铸锭的小型生产系统的工艺过程。在中小型轧机上经一次加热轧制成材。

在轧钢生产中,使用连铸坯为原料有许多优点。在生产工艺过程方面,与使用铸锭为原料相比,可省去初轧开坯,使工艺过程大为简化,因而产生较大的效益。使用连铸坯为原料是轧钢生产的发展方向。

1.4 轧钢生产的发展趋势

随着科学技术的发展和进步,轧钢生产也在快速发展。新技术、新工艺、新设备不断出现。其他领域的新技术也不断用于轧钢生产。使轧制产品的品种在增加,质量在提高,满足越来越高的使用要求。轧钢生产的发展趋势主要有八个方面。

(1)轧制钢材的实物质量在不断提高。由于轧制技术水平的提高,轧制产品的尺寸精度高、材质均匀稳定、各种性能好。国外近几年来都在修改补充钢材产品的标准,提出了轧制产品的最高精度、较高精度和一般精度,以满足使用单位对钢材的各种使用要求。

(2)为保证轧制钢材的高质量,已经从冶炼、炉外精炼、钢水浇注等前工序来保证质量。钢材质量的提高已从整个冶金生产过程综合考虑。

(3)普遍采用连铸坯。连续铸钢技术近年来发展迅速,各国连铸比(连铸坯占产钢的比例)都在迅速提高。日本、德国、英国、法国等连铸比达到了大于90%以上的水平。本世纪末,世界平均连铸比将接近80%。并且连铸坯向热装热送和直接轧制方向发展。

(4)对轧钢生产的控制水平在提高。钢材产品质量精度要求高,就要求轧钢生产各个环节的控制精度高。目前广泛采用微机控制轧钢生产中的各个生产环节,并可实现程序控制的自动化操作。

(5)轧钢生产技术水平在提高。连铸连轧、全连续轧制、高精度轧制、控轧控冷、工艺润滑、精整工序的机械化与自动化、深加工技术等的应用,提高了轧制生产中的高技术含量。

(6)新型轧制设备不断投入生产,而且其装备水平在提高。新型轧机有万能H型钢轧机、全连续冷轧机、高速无扭线材轧机以及轧制板带的HC轧机、泰勒轧机、FFC轧机等。这种专业化的高技术水平轧机生产的产品在质量、产量和成本等综合指标方面处于领先地位。

(7)不断开发钢材的新品种。发展合金钢种与控制轧制工艺以提高钢材性能。板带钢与管材的产品比重也有增加的趋势。经济断面型材,特殊断面及变断面钢材,各种镀层、复层及涂层钢材都有很大发展。

(8)在线检测技术、设备诊断技术不断完善和发展。在线热检测轧件尺寸,在线张力检测等对控制质量提供了保证。采用声、振测试,应力、应变测试,无损检测,测温和油液分析等,运用电子和计算技术监测掌握设备运行情况,预测有关异常或故障程度、分析判断原因、进行报警,以避免事故,提高作业率。

轧钢生产水平的提高与整体科学技术水平的提高是相适应的。随着科学技术的不断发展,轧钢生产的技术也在不断发展。