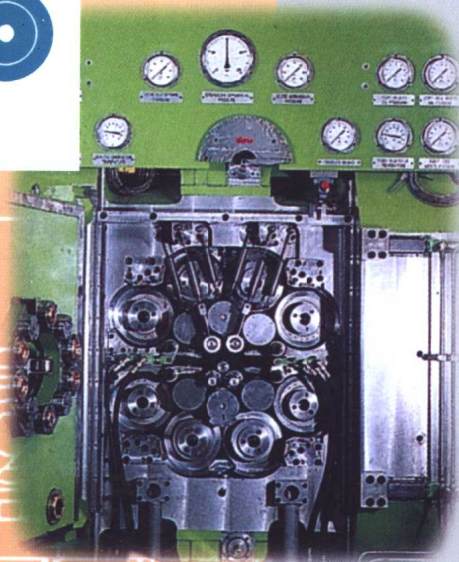
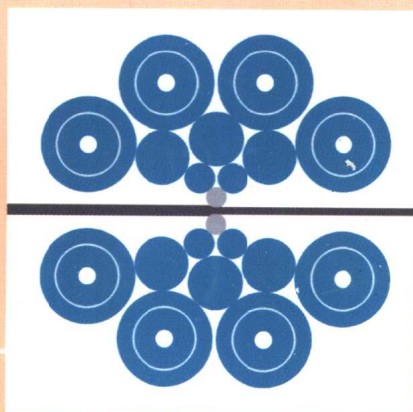


二十辊轧机及 高精度冷轧钢带生产

潘纯久 编著



冶金工业出版社

二十辊轧机及 高精度冷轧钢带生产

潘纯久 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2003

内 容 提 要

本书共 10 章,前 5 章全面系统地介绍了二十辊轧机的类型、结构、特点、受力分析等,后 5 章分别介绍了高精度及极薄钢带、不锈钢带、硅钢带、精密合金带、荫罩钢带的生产,书后附录给出了一些多辊轧机的技术参数。

本书可供从事冷轧钢带生产的操作人员、工程技术人员、设计人员阅读,也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

二十辊轧机及高精度冷轧钢带生产/潘纯久编著.

—北京:冶金工业出版社,2003.9

ISBN 7-5024-3300-7

I. 二… II. 潘… III. ①多辊轧机 ②带钢—冷轧
IV. ①TG334.19 ②TG335.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第045457 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 李培禄 美术编辑 王耀忠 责任校对 王永欣 李文彦

责任印制 牛晓波

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2003 年 9 月第 1 版,2003 年 9 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 28.75 印张; 694 千字; 446 页; 1-3000 册

69.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

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)

序 言

按照党的十六大精神,大力推动经济结构的战略性调整是保持国民经济持续快速发展的重要环节。钢铁工业作为国民经济的基础工业,改革开放以来取得了长足的发展,特别是近 10 年来发展更快,我国钢产量已连续 7 年突破亿吨大关,2002 年全社会钢材表观消费量已超过 2 亿 t,我国钢材的消费量已占全世界钢材消费量的 1/4。随着国民经济不断增长和中国加入 WTO,对我国钢铁工业而言,应该积极进行结构调整,淘汰落后的工艺和装备,使钢铁产品质量更好,附加值更高,才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。先进的工艺和装备是完成上述目标的重要手段,所以钢铁工业在未来若干年内的工艺管理化、装备的先进和适用是一项很重要的任务。《二十辊轧机及高精度冷轧钢带生产》一书,就是这样一本及时出版的技术书籍。

多辊轧机自 19 世纪 30 年代问世以来,广泛用于黑色和有色金属高精度带材的轧制,据有关资料介绍,全世界 95% 以上的不锈钢带、硅钢带和精密合金带是用多辊轧机生产的。目前全世界有 500 多台多辊轧机用于黑色和有色金属高精度带材的生产。多辊轧机的特点是工作辊直径小、辊系刚度大、道次压下量大、能耗及运行成本低。其产品的市场越来越广阔,不仅广泛用于国民经济的各相关行业,而且对国防、军工也是不可缺少的。所以,以二十辊轧机为代表的多辊轧机将发挥越来越大的作用。

潘纯久同志长期从事钢铁企业的轧钢工艺设计工作,尤其是对中小型轧机、特殊钢轧机、带钢轧机的工艺设计、现场工作,有相当丰富的经验,在实践工作中还注意对其理论的研究。潘纯久同志积 40 年的工作经验,并收集国内、外有关资料编著的《二十辊轧机及高精度冷轧钢带生产》一书是他毕生工作的总结,凝聚了一生的心血。这本书的出版将对我国多辊轧机的研制、开发、应用起到重要的推动作用。该书对从事轧钢工艺设计、科学研究和教学都有一定的参考价值。

中国钢铁工业协会 梁才
2003 年 5 月

前 言

冷轧钢带的生产能力,是一个国家钢铁工业发展水平的重要标志。目前,工业发达国家多用四辊连续式冷轧机(以及轧辊为简支梁结构的轧机)生产普通冷轧钢带;用多辊冷轧机生产不锈钢、硅钢、合金钢、合金材料等难变形的金属带材,以及高精度的、宽而薄的、极薄的金属带材。

多辊冷轧机问世已逾半个世纪。半个世纪以来,随着科学技术和工业的发展,多辊冷轧机得到了很大的发展和广泛的应用,其中尤其以二十辊冷轧机发展最为完善,使用最为普遍,而且有多种结构形式并存。多辊冷轧机的主要特点是:工作辊直径小,辊系刚度大,轧制道次压下量大,产品精度高。

在我国,长期以来仅将多辊冷轧机用来生产不锈钢、硅钢、合金钢、合金材料等难变形的金属带材。近年来,我国经济迅速发展,多辊冷轧机已悄悄地进入了碳素结构钢的生产领域,用来生产高精度的、极薄的钢带。继秦皇岛龙腾精密带钢有限公司首先采用二十辊森吉米尔可逆式冷轧机生产高精度冷轧碳素结构钢带之后,相继有多台二十辊冷轧机建成投产,用来轧制碳素钢带、铜带。

随着我国国民经济的不断发展,冷轧不锈钢带、硅钢带、精密合金带、高温难熔合金带、稀有合金带、高精度的极薄冷轧碳素钢带以及有色金属带材的需要量将急速增长。多辊冷轧机,尤其是二十辊冷轧机也将得到快速发展和更广泛的应用。

本书对二十辊冷轧机的类型、结构、特点、受力分析,以及不锈钢、硅钢、高精度碳素钢冷轧钢带的生产技术进行了较详细的介绍,可供从事冷轧钢带生产的操作人员、工程设计人员以及有关人员参考。

本书前5章二十辊轧机部分经钱文军先生审阅,后5章高精度冷轧钢带生产部分经周德林、魏敏先生审阅,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中不当之处恳请读者批评指正。

作 者

2003年2月

目 录

1 多辊轧机冷轧技术概述	1
1.1 多辊轧机的用途	3
1.2 多辊轧机的特点	4
1.3 多辊轧机的发展概况	6
1.3.1 罗恩型钳式多辊轧机	6
1.3.2 森吉米尔型多辊轧机	8
1.3.3 森德威四柱式二十辊轧机	10
1.3.4 传统机架式直接压下的多辊轧机	11
1.3.5 原苏联研制的多辊轧机	12
1.3.6 我国多辊轧机的研制和生产	13
1.4 多辊轧机基本参数的选择	15
2 森吉米尔二十辊轧机	17
2.1 工作机座	20
2.1.1 机架	20
2.1.2 轧辊系统	22
2.1.3 轧机调整机构	23
2.1.4 轧机进出口辅助设备	34
2.1.5 张力计和导向辊装置	38
2.1.6 主传动	39
2.2 卷取机	40
2.2.1 可胀缩卷筒卷取机	41
2.2.2 实心卷筒卷取机	42
2.2.3 重卷机构	43
2.2.4 卷纸机/垫纸机	44
2.2.5 卸卷装置	45
2.2.6 卷取张力控制原理	46
2.3 开卷机及上料、喂料机构	49
2.3.1 开卷机	49
2.3.2 上料机构	50
2.3.3 喂料机构	51
2.4 液压系统	53
2.4.1 压下液压系统	53
2.4.2 辊形调整液压系统	60

2.4.3 辅助液压系统	62
2.5 AGC——自动厚度控制	65
2.5.1 厚度控制方式	65
2.5.2 厚度控制方案	67
2.5.3 厚度控制系统	70
2.5.4 AGC 系统的组成	73
2.6 板形控制	79
2.6.1 板形测量仪	81
2.6.2 板形控制系统	86
2.7 轧机润滑-冷却系统	87
2.7.1 轧机润滑-冷却系统的作用	87
2.7.2 工艺润滑-冷却剂	88
2.7.3 工艺润滑-冷却系统	89
2.7.4 过滤器	93
2.8 油雾处理系统	100
2.9 森吉米尔轧机的最新发展	101
3 森吉米尔轧机轧辊及辊系受力	103
3.1 森吉米尔轧机轧辊	103
3.1.1 轧辊辊系布置	103
3.1.2 轧辊配置及配辊表	103
3.1.3 轧辊材质及制作	106
3.1.4 轧辊磨削加工	107
3.1.5 轧辊表面与带材表面质量	110
3.2 辊系受力分析	112
3.2.1 静压时的辊系受力	112
3.2.2 轧制过程中的辊系受力	112
3.2.3 轧机传动力矩	119
3.3 轧机力能参数的计算	121
3.3.1 平均单位压力及总压力计算	121
3.3.2 辊系各分力计算	123
3.3.3 传动力矩计算	128
3.3.4 主电机容量计算	128
3.3.5 计算机计算程序框图	129
4 四柱式二十辊轧机	130
4.1 工作机座	131
4.1.1 机架	132
4.1.2 轧辊系统	134

4.1.3 轧机调整机构	135
4.1.4 辅助设备	142
4.1.5 主传动	144
4.1.6 自动换辊机构	144
4.2 卷取机	145
4.2.1 胀缩卷筒卷取机	145
4.2.2 实心卷筒卷取机	147
4.2.3 单轴可逆式卷取机	148
4.2.4 卷取机的发展及轧机新布置	150
4.3 压下和厚度控制	151
4.4 板形控制	152
4.4.1 上机架倾斜	152
4.4.2 弯辊	152
4.4.3 凸度轧辊的轴向调整	152
4.4.4 第一中间辊的轴向调整	152
4.5 工艺润滑-冷却系统	153
4.5.1 矿物油系统	153
4.5.2 乳化液系统	155
5 传统机架式直接压下的二十辊轧机	156
5.1 弗若凌传统机架式直接液压压下的二十辊轧机	156
5.1.1 轧机机架	157
5.1.2 轧辊系统	157
5.1.3 轧机的调整机构	159
5.1.4 轧机的特点	161
5.2 DEMAG 组合机架二十辊轧机	162
5.2.1 轧机机架	163
5.2.2 轧辊系统	164
5.2.3 轧机的调整机构	164
5.2.4 轧机的特点	166
5.3 其他形式的二十辊轧机	166
6 高精度及极薄钢带的生产	171
6.1 高精度及极薄钢带的用途和要求	171
6.2 生产工艺	174
6.3 原料准备	177
6.3.1 冷轧钢带的原料	177
6.3.2 原料纵剪	183
6.3.3 原料酸洗	185

6.4 轧制工艺	211
6.4.1 机组组成	211
6.4.2 轧制过程	211
6.4.3 轧制工艺	213
6.5 热处理	214
6.5.1 热处理类型	214
6.5.2 再结晶退火	215
6.5.3 退火炉形式	215
6.5.4 罩式退火炉技术	217
6.5.5 保护气体	238
6.6 精整工序	240
6.6.1 平整	240
6.6.2 成品剪切	248
6.6.3 成品包装	255
7 不锈钢带的生产	260
7.1 不锈钢的分类、性能及用途	260
7.1.1 不锈钢的分类	260
7.1.2 不锈钢的成分、性能及用途	261
7.1.3 不锈钢带表面加工等级	276
7.2 冷轧不锈钢带原料的生产	277
7.2.1 不锈钢的冶炼	277
7.2.2 不锈钢的浇铸方法	282
7.2.3 不锈钢带的热轧	283
7.3 不锈钢带的冷轧	288
7.3.1 冷轧不锈钢带生产工艺特性	288
7.3.2 冷轧不锈钢带生产工艺技术	289
7.3.3 冷轧不锈钢带生产工艺流程	292
7.3.4 不锈钢带冷轧设备	293
7.3.5 冷轧不锈钢带的检查	316
7.3.6 冷轧不锈钢带的缺陷及其去除	317
8 硅钢带的生产	320
8.1 电工钢的分类及性能	320
8.1.1 电工钢的分类	320
8.1.2 电工钢的性能要求	320
8.1.3 影响电工钢性能的因素	322
8.2 硅钢生产工艺	324
8.2.1 生产硅钢的理论依据	324

8.2.2 硅钢生产工艺路线	326
8.3 冷轧硅钢带的原料准备	327
8.3.1 冶炼	327
8.3.2 浇铸	328
8.3.3 热轧	329
8.4 冷轧硅钢带生产	330
8.4.1 热轧钢带的常化及酸洗	331
8.4.2 轧制工艺	338
8.4.3 钢带焊接机组(CW)	343
8.4.4 中间退火工艺	344
8.4.5 取向硅钢脱碳退火及 MgO 涂层	350
8.4.6 无取向硅钢成品脱碳退火及绝缘涂层	352
8.4.7 取向硅钢高温退火工艺	356
8.4.8 取向硅钢热平整退火及涂绝缘层	358
8.4.9 硅钢纵横联合剪切机组(CS)	361
8.4.10 冷轧硅钢带生产的其他设备	363
9 精密合金带的生产	364
9.1 精密合金的定义和性能	364
9.1.1 精密合金的定义及分类	364
9.1.2 精密合金的性能	365
9.1.3 精密合金的牌号、化学成分和用途	368
9.2 精密合金冷轧前工序的生产工艺	381
9.2.1 精密合金的冶炼工艺及设备	382
9.2.2 精密合金的热加工工艺及设备	383
9.3 精密合金带冷轧生产工艺	391
9.3.1 冷轧工艺对精密合金带材性能的影响	392
9.3.2 精密合金的冷轧工艺性能	392
9.3.3 精密合金带冷轧生产工艺	393
10 荫罩钢带的生产	411
10.1 荫罩钢带的用途及后续加工	411
10.1.1 荫罩钢带的用途	411
10.1.2 荫罩网板加工	412
10.2 荫罩钢带的性能及其保证	414
10.2.1 对荫罩钢带性能的要求	414
10.2.2 荫罩钢带的材料	415
10.2.3 荫罩钢带坯的热轧	416
10.3 荫罩钢带的规格及生产	417

10.3.1 荫罩钢带的规格及质量要求	417
10.3.2 荫罩钢带的生产工艺	418
10.4 内磁屏蔽罩钢带	426
附录	428
附表 1 $\phi 215\text{mm}/\phi 560\text{mm} \times 450\text{mm}$ 四辊轧机轧制程序表	428
附表 2 ZR-33WF-18 森吉米尔二十辊轧机轧制程序表	428
附表 3 罗恩型钳式二十辊冷轧机(SUNDWIG 制造)	430
附表 4 罗恩型钳式十二辊冷轧机(SUNDWIG 制造)	430
附表 5 WF 制造的森吉米尔冷轧机(1—2—3—4 型)	431
附表 6 WF 制造的森吉米尔冷轧机(1—2—3 型)	435
附表 7 WF 制造的森吉米尔冷轧机(1—2 型)	436
附表 8 日本森吉米尔公司制造的森吉米尔冷轧机(1—2—3—4 型)	437
附表 9 DMS 制造的森吉米尔冷轧机(1—2—3—4 型)	438
附表 10 DEMAG 制造的森吉米尔冷轧机(1—2—3—4 型)	439
附表 11 I ² S 制造的森吉米尔冷轧机(1—2—3—4 型)	440
附表 12 森吉米尔十二辊冷轧机(1—2—3 型)	441
附表 13 森吉米尔六辊冷轧机(1—2 型)	441
附表 14 森吉米尔冷轧机(分体式)(1—2—3—4 型)	441
附表 15 SUNDWIG 制造的四柱式二十辊冷轧机	441
附表 16 FRÖEHLING 制造的直接压下二十辊冷轧机	444
附表 17 DEMAG 制造的直接压下二十辊冷轧机	444
附表 18 I ² S 制造的直接压下二十辊冷轧机	444
附表 19 FRÖEHLING 制造的直接压下十二辊冷轧机	444
参考文献	445

1 多辊轧机冷轧技术概述

冷轧钢带的轧制最初是在二辊、四辊轧机上进行的。随着科学技术和工业的发展,需要更薄的带材,原有的四辊轧机已经不能满足这一要求,因为四辊轧机的轧辊直径比较大,轧制时轧辊本身产生的弹性压扁值往往比所要轧制的带材厚度还要大。

轧辊的弹性压扁,在单位压力相同时,与轧辊直径成正比。当轧辊材质一定时,要减小轧辊的弹性压扁值,就必须缩小辊径;而轧辊辊径的减小,相应又会出现轧辊刚度不够的问题。为了解决这一对矛盾,便出现了既具有小的轧辊直径,同时又具有良好刚度的塔形支撑辊系的新型结构轧机——多辊轧机。

最初出现的多辊轧机是六辊轧机,接着发展为十二辊轧机、二十辊轧机。图 1-1 为六辊轧机、十二辊轧机、二十辊轧机的辊系配置示意图。为了获得厚度不大于 0.001mm 的极薄带,还出现了工作辊直径为 2mm 的二十六辊轧机,工作辊直径为 1.5mm 的三十二辊轧机和三十六辊轧机,其辊系配置示于图 1-2。在多辊轧机的发展过程中还出现过一些复合式多辊轧机,其辊系配置示于图 1-3。另外,还有诸如 MKW(偏八辊)轧机、“Z”(十八辊)轧机、

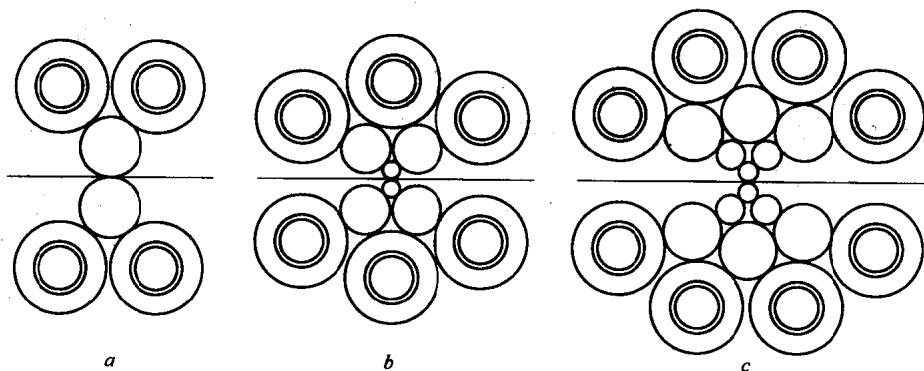


图 1-1 六辊、十二辊、二十辊轧机辊系配置图

a—六辊轧机;b—十二辊轧机;c—二十辊轧机

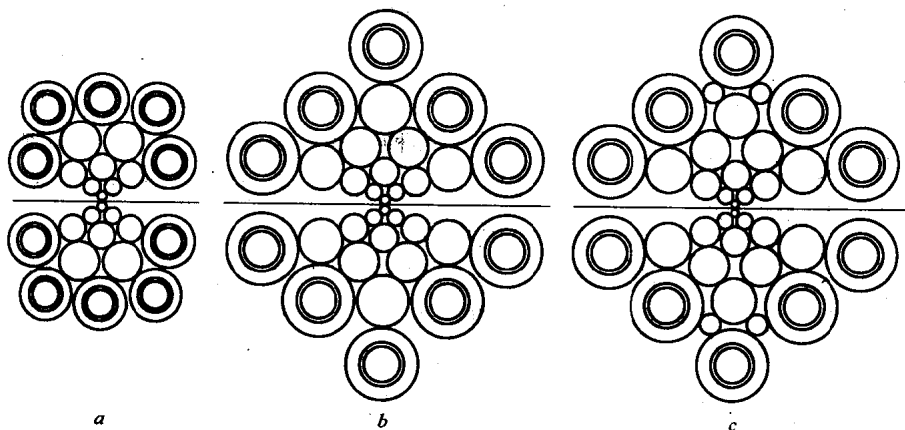


图 1-2 二十六辊、三十二辊、三十六辊轧机辊系配置图

a—二十六辊轧机;b—三十二辊轧机;c—三十六辊轧机

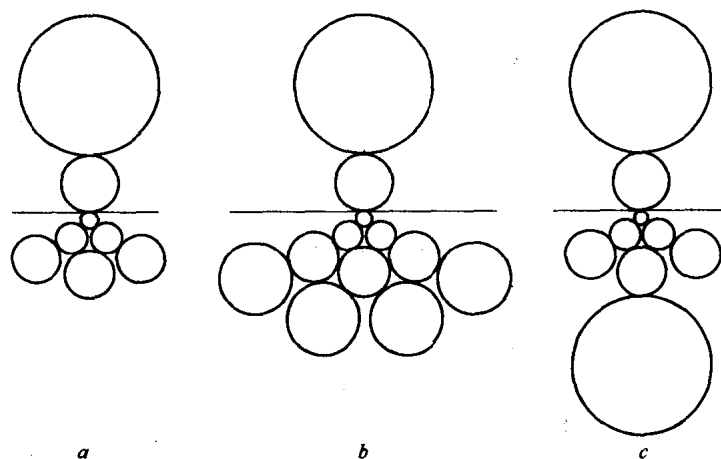


图 1-3 复合式多辊轧机辊系配置图
a—八辊轧机；b—十二辊轧机；c—九辊轧机

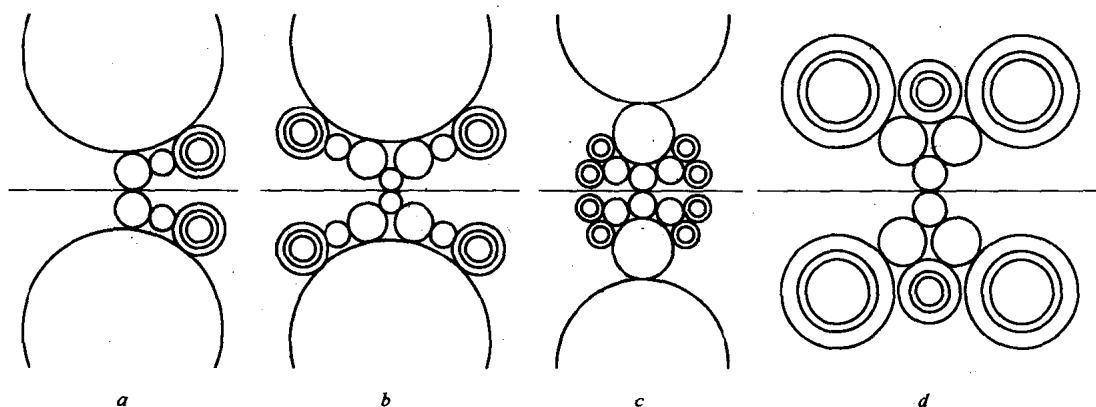


图 1-4 偏八辊、“Z”、CR 轧机辊系配置图
a—MKW 轧机(偏八辊轧机)；b—双偏八辊轧机(十六辊轧机)；
c—“Z”轧机(十八辊轧机)；d—CR 轧机(十二辊轧机)

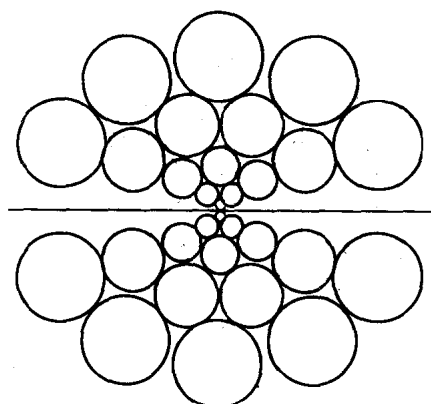


图 1-5 三十辊轧机辊系配置图

CR(十二辊)轧机等形式的多辊轧机,其辊系配置示于图 1-4。在诸多的多辊轧机类型中,以二十辊轧机发展得最为完善,使用得最多、最广泛。二十辊轧机亦有多种形式。MKW 轧机和“Z”轧机的辊系可以转换成四辊辊系,也可以将四辊轧机改造成 MKW 轧机和“Z”轧机。

20 世纪 80 年代初我国自行研制成功了三十辊轧机。图 1-5 为该轧机的辊系配置图。轧机工作辊直径 2mm,背衬轴承直径 26mm,轧制金属及合金,轧制成品最大宽度 45mm,最小厚度 0.001mm。现已轧出 0.0008mm×40mm 极薄钛带。

1.1 多辊轧机的用途

多辊轧机的用途主要有以下三个方面：

(1) 轧制高强度的金属和合金薄带材。用四辊轧机冷轧高强度薄带材,不但不经济,而且在许多情况下在技术上还不可能达到。

比如,铬镍不锈钢 1Cr18Ni9Ti,在变形程度为 80%时的拉伸强度达 1840MPa,而碳的质量分数 $w(C)$ 为 0.08% 的优质结构钢 08F,在 80% 变形率时的强度极限仅为 696MPa。可见,在其他条件相同的情况下,轧制合金钢的变形功要比轧制碳素钢时大得多。为了减小变形抗力,可以采用中间退火(或淬火)、减小工作辊直径或减小道次压下量等办法实现。显然,采用中间退火(或淬火)及减小道次压下量的方法是不经济的,并且不可能轧到很薄的成品厚度,而采用减小工作辊直径的办法,即采用多辊轧机则是合适的。

(2) 轧制极薄带材。轧机的最小可轧制厚度受工作辊直径的限制,往往轧辊的弹性压扁值可以同带材的厚度相比拟,当工作辊本身的弹性压扁值大于轧件厚度时,就妨碍其继续压下。

轧辊的弹性压扁,在单位压力相同时,与轧辊直径成正比。当轧辊材质一定时,要减小轧辊的弹性压扁值,就必须减小辊径。为了经济而可行地轧制薄带和极薄带材,必须采用直径尽可能小的工作辊。

在四辊轧机上采用小直径工作辊不能保证它们在轧制方向上的稳定性和补偿用小辊径而降低的侧向刚度。塔形辊系的多辊轧机很好地解决了使用小直径工作辊的技术问题。

(3) 轧制高精度带材。现代四辊轧机(包括 VC、HC、UC、HCW、CVC、UPC、PC 等轧辊为简支梁结构的轧机),在控制带材的厚度精度和平直度方面采取了各种有效措施,并取得了很大成绩。20 世纪 60 年代至 70 年代中期,由于液压压下厚度自动控制(HAGC)技术的采用,带材

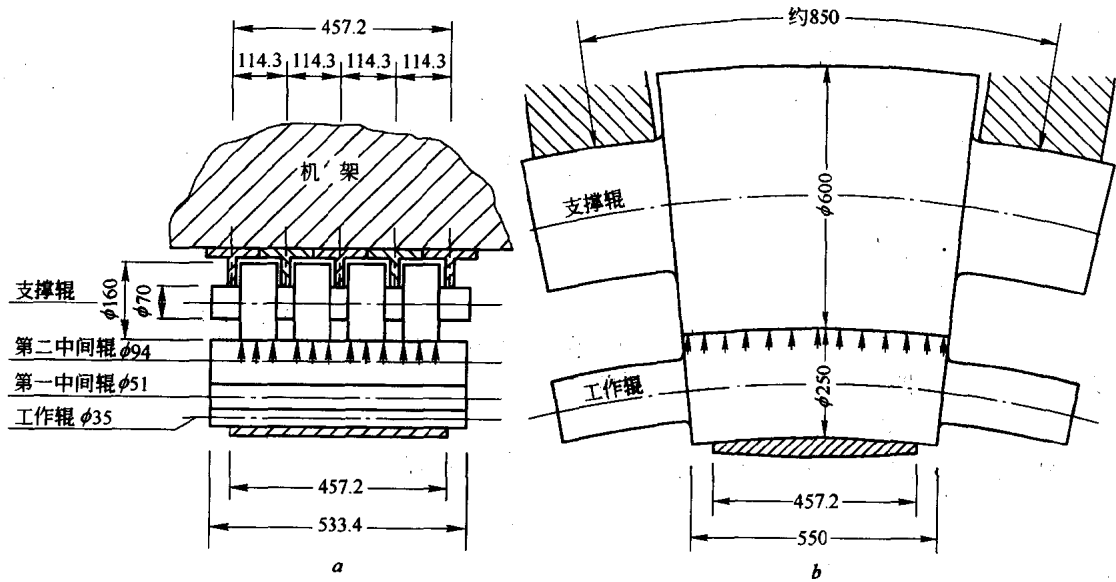


图 1-6 二十辊轧机与四辊轧机结构特点比较图
a—ZR-33WF-18°二十辊轧机; b— $\phi 250\text{mm}/\phi 600\text{mm} \times 550\text{mm}$ 四辊轧机

纵向厚度精度得到了明显的提高。但是,由于现代四辊轧机的支撑辊辊子数量少,支撑辊支点间的距离大,因此产生挠度大。为了进一步增大轧辊的刚度,四辊轧机支撑辊的长度 L 与直径 D 之比值已经接近于 1,甚至小于 1。因此,带材横向厚度(或称横截面)和平直度(或称板形)的控制很困难,并且不是随意的(见图 1-6)。多辊轧机,特别是二十辊轧机,支撑辊数量多,轧制负荷通过辊系的许多支点传给机架(部分钳式轧机除外),因此,轧机辊系的刚度较大;支撑辊的长度与心轴直径比 $L/D_{\text{轴}}$ 达 5.2~30,钢带横向厚度可以用多点调节支撑辊心轴的曲线来控制,调节非常方便、可靠,从而轧制出横向精度非常高的带材。

1.2 多辊轧机的特点

与一般冷轧机相比,多辊轧机具有许多优点,其中主要有:

(1) 工作辊径小。多辊轧机的最大特点之一就是采用小直径的工作辊。轧机的辊子数越多,工作辊直径可以越小,轧制带材厚度就越薄。例如:十二辊轧机(ZR15 型)的最小工作辊辊径为 12mm,可轧成品厚度 0.01mm;二十辊轧机(WV20S-55 型)的最小辊径为 5.5mm,可轧成品厚度 0.0015mm;二十六辊、三十二辊及三十六辊轧机的工作辊直径分别为 2mm、1.5mm 及 1.5mm,能够轧制 0.001mm 厚的带材。

辊径与带材厚度的关系可以用下式表示:

$$D = \frac{0.28Eh_{\min}}{\mu(K - \sigma)} \quad (1-1)$$

式中 D ——工作辊直径,mm;

E ——轧辊弹性模量,Pa;

$h_{\min}$ ——带材最小可轧厚度,mm;

μ ——轧辊与带材间的摩擦系数;

K —— $1.15\sigma_s$, Pa;

σ_s ——材料的屈服强度,Pa;

σ ——由带材张力产生的应力,Pa,并有:

$$\sigma = \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2}$$

σ_0 ——后张力, Pa;

σ_1 ——前张力, Pa。

由上式可以看出,轧制带材的最小可轧厚度与轧辊直径成正比。因此,可以用小直径的多辊轧机生产用四辊轧机无法轧出的极薄带材。

工作辊径小,轧制压力也小。

轧制时,被轧带材对轧辊的总轧制力 P 可用下式计算:

$$P = Fp \quad (1-2)$$

式中 p ——平均单位压力,Pa;

F ——接触面积,mm²。

对于简单的轧制情况,当工作辊直径相同时,轧件对轧辊的接触面积可用下式计算:

$$F = B \sqrt{R\Delta h} \quad (1-3)$$

式中 B ——带材宽度,mm;
 R ——轧辊半径,mm;
 Δh ——绝对压下量,mm。

从式 1-3 可以看出,接触面积与轧辊半径的平方根成正比。当带材宽度、压下量相同时,辊径越小接触面积也越小。

从式 1-2、式 1-3 可以得出:轧辊直径的减小导致变形区接触面积减小,从而使轧制力减小。在轧制条件相同的情况下,二十辊轧机的轧制压力约为四辊轧机的 $1/3 \sim 1/4$ 。表 1-1 列出了在 $\phi 215\text{mm}/\phi 560\text{mm} \times 450\text{mm}$ 四辊冷轧机及 ZR-33WF-18"二十辊森吉米尔冷轧机上,将 $3.0\text{mm} \times 350\text{mm}$ 的 08F 钢卷轧到 0.354mm 厚的成品,在相同轧制条件下的轧制压力和能耗比较(详见附表 1、附表 2)。

表 1-1 四辊轧机与二十辊森吉米尔轧机轧制力及能耗比较表

道 次	1	2	3	4	5	6	7	8	9
带厚/mm	2.25	1.80	1.45	1.17	0.95	0.76	0.60	0.47	0.345
压下量/mm	0.75	0.45	0.35	0.28	0.22	0.19	0.16	0.10	0.116
压下率/%	25.0	20.0	19.44	19.31	18.80	20.00	21.05	21.67	24.68
总压下率/%	25.0	40.0	51.67	61.00	68.33	74.67	80.00	84.33	88.20
入口张力/kN	5.1	38.6	55.6	54.7	54.2	53.8	49.6	45.3	41.9
出口张力/kN	38.6	55.6	55.6	54.7	54.2	53.8	49.6	45.3	41.3
轧制速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	1.50	2.05	2.10	2.30	2.90	3.30	3.60	3.80	3.80
轧制力/kN	四 辊	1738	1659	1660	1630	1521	1442	1385	1276
	二十 辊	581	522	502	481	435	405	380	312
主电机功率/kW	四 辊	187	209	224	217	227	230	223	188
	二十 辊	200	210	222	215	222	223	216	166

轧制压力的减小,会减小轧辊挠曲变形;相应地也会减小轧辊与带材间的摩擦发热和轧辊的磨损。

工作辊径小,轧制变形区长度小,在给定的轧制压力下可增大压下率,在具有较大带材张力的情况下,可获得大的道次压下率(达 60%),总的压下率可达 90% 以上;工作辊径小,工作辊弹性压扁小,允许无中间退火或淬火,可以较少的轧制道次轧制难变形金属及合金薄带材。

工作辊径小,变形区小,摩擦阻力小,带材的宽展也随之减小,这样会减少某些带材裂边趋势。

(2) 塔形辊系。塔形辊系是多辊轧机结构的另一大特点。

塔形辊系使轧制压力呈扇形传递给外层支撑辊。塔形辊子层数越多,即辊子数越多,外层支撑辊承受的轧制压力就会越小,轧辊的挠曲变形量就越小。

塔形辊系结构能够很好地保证小直径工作辊在垂直平面和水平面内具有较大的刚度和稳定性,从而保证轧制的稳定性,减小轧辊挠曲变形量。

(3) 多支点梁支撑辊结构。一般冷轧机仅通过简支梁结构的支撑辊辊颈将轧制力传递给轧机机架的两片牌坊;而大多数的多辊轧机,是将轧制力经多支点支撑梁结构的外层支撑辊通过鞍座均匀地传递给机架。

由于工作辊较小,因而产生的轧制压力也较小;较小的轧制压力,经塔形辊系将其呈扇形分散到外层支撑辊,再通过鞍座均匀地传给牢固的机架。因此,轧机刚度较大,轧辊挠曲变形较小,加上多辊轧机具有的特殊的径向及轴向辊型调节系统,从而可以轧制高精度的成品带材。

(4) 轧机体积小、质量轻。多辊轧机体积小、质量轻。与四辊轧机相比,二十辊轧机的质量大致为前者的 $1/3$,设备总质量约为前者的一半。因此,多辊轧机可减少车间生产面积,降低车间高度,减小天车起重吨位,减小磨床及其他辅助设备的吨位,从而减少基建投资;另外,工作辊径小,更换十分方便,可以减少辅助时间,提高生产率;工作辊有效利用率高,并在经济上有理由采用硬质合金工作辊,生产成本降低。例如:ZR-33WF-18"森吉米尔二十辊轧机,工作辊辊径使用范围为 $\phi 47.96 \sim \phi 29.18\text{mm}$,有效利用率达 63%。

正是由于多辊轧机的上述特点,也随之带来设备制造、安装调整的复杂性;辊系的冷却比较困难,限制了轧制速度的提高。目前二十辊轧机的设计最高轧制速度为 1067m/min (1959 年 WF 公司 ZR21-44"轧机,轧制马口铁);生产中出现断带时,机内带头不容易清除;在轧制过程中,支撑辊轴承的摩擦功率损耗、轧辊滚动功率损耗和由于接触辊子数多引起的空程功率损耗,特别是在轧制极薄带材时,这些无用的有害功率损耗大,致使轧制总功率消耗与四辊轧机比较相差不多。

1.3 多辊轧机的发展概况

多辊轧机以其工作辊直径小、轧机刚度大的特点而得到不断发展和完善。

最初出现的多辊轧机为六辊轧机。但是,由于轧辊数量少,工作辊作为传动辊,并且在结构上受到两个支撑辊间隙的限制,工作辊辊径的减小受到限制,因而使用较少。此后,在六辊轧机的基础上产生了十二辊、二十辊、三十辊、三十二辊、三十六辊等多辊轧机。

为了减小六辊轧机工作辊直径,并增大辊系刚度,在六辊轧机支撑辊外安装 6 个支撑辊,便得到了十二辊轧机;进而在十二辊轧机支撑辊外安装 8 个支撑辊,便得到了二十辊轧机;在二十辊轧机的基础上增加 10 个支撑辊,可以得到三十辊轧机。

十二辊、二十辊轧机有多种结构形式。

1.3.1 罗恩型钳式多辊轧机

1930 年,罗恩(W. Rohn)领到第一台多辊轧机的专利特许证。该轧机为塔形辊系钳式十二辊轧机(见图 1-7)。工作辊无辊颈,中间辊为传动辊,支撑辊辊颈上装有滑动轴承或滚动轴承。工作辊自由地支撑在两个中间辊上,而中间辊又自由地支撑在三个支撑辊上。该轧机的结构能够消除工作辊在轧制方向的弯曲,在横向刚度较高的条件下允许采用直径较小的工作辊。辊系置于两横梁间,横梁可各自独立地相对于公共轴线转动,故允许采用不同直径的工作辊。

后来,罗恩的专利被森德威(Sundwig)公司购买并加以完善。为了减小十二辊轧机工