

《小型型钢连轧
生产工艺与设备》
编写组 编著

小型型钢 连轧生产 工艺与设备

冶金工业出版社

小型型钢连轧生产 工艺与设备

《小型型钢连轧生产工艺与设备》编写组 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
1 9 9 9

内 容 简 介

本书是在收集、整理国内外小型型钢连轧机生产工艺及装备、生产经验的基础上编写而成的。本书共有10章,分别介绍了小型型钢连轧机的发展、种类及规模;轧机的主要类型;坯料的选择及清理;坯料的加热及采用的加热炉;小型连轧机轧制圆钢、带肋钢筋、角钢及异形断面型钢所采用的孔型系统及其设计方法和导卫装置;各种品种的孔型实例;轧辊的选择、轧机安装及调整;控制轧制技术在小型型钢连轧机上的应用及轧材的精整工艺;小型型钢连轧机的主、辅设备类型、参数及结构;小型型钢连轧机自动控制等。全书共有图479幅、表125个。

本书主要供从事型钢生产、设计、科研的工程技术人员使用,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

小型型钢连轧生产工艺与设备/主编 李曼云;《小型型钢连轧
生产工艺与设备》编写组编著. —北京:冶金工业出版社,1999.4
ISBN 7-5024-2289-7

I. 小… I. ①李… ②小… III. ①型钢, 小型-型材轧
制: 连续轧制 ②型钢, 小型-型材轧制: 连续轧制-轧制设备
IV. TG335.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 30723 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 李培禄 美术编辑 王耀忠 责任校对 朱 翔 责任印制 牛晓波

北京源海印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1999 年 4 月第 1 版; 1999 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 37.5 印张; 4 插页; 901 千字; 581 页; 1-3000 册

75.00 元

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

《小型型钢连轧生产工艺与设备》

编 委 会

主 任 李世俊

副主任 肖治维 南振卿 徐 寅

委 员 (按姓氏笔画顺序)

马智明(安阳钢铁公司)

王秉正(唐山钢铁公司)

邓植培(广州钢铁有限公司)

孙公权(上海第一钢铁厂)

刘 俭(沙钢集团有限公司)

李汉中(新疆八一钢铁有限公司)

严圣祥(北京钢铁设计研究总院)

何 经(上海第五钢铁厂)

李 凯(杭州钢铁厂)

林仁杰(西安钢铁厂)

杨玉璞(莱芜钢铁总厂)

杨永和(马鞍山钢铁公司)

周家骅(北京冶金设备研究院)

徐明华(上海沪昌钢铁股份公司)

黄 豹(首都钢铁公司)

谢 权(邯郸钢铁总厂)

曾德新(韶关钢铁集团有限公司)

戴建明(抚顺钢厂)

《小型型钢连轧生产工艺与设备》

编 写 组

主 编 李曼云

成 员 彭兆峰(北京钢铁设计研究总院)

戎宗义(北京钢铁设计研究总院)

沈茂盛(上海第一钢铁厂)

肖树勇(首都钢铁公司)

史东日(唐山钢铁公司)

崔佩庸(北京钢铁研究总院)

李小玉(北京钢铁研究总院)

王有铭(北京科技大学)

李曼云(北京科技大学)

蔡庆伍(北京科技大学)

武其俭(北京钢铁设计研究总院)

王 蕃(北京钢铁设计研究总院)

朱振华(北京钢铁设计研究总院)

万海龙(唐山钢铁公司)

卢 峰(唐山钢铁公司)

序

小型型材是钢铁产品的主要品种之一，广泛应用于工业、农业、交通运输业和建筑业。从 70 年代初起，世界主要产钢大国就开始减少小型轧机的套数，新建高产优质的新型连续式轧机，淘汰落后的横列式轧机。小型型材的连轧比在美国已达 60% 以上，在日本则达 90%。世界各国近年更是注重研制和使用连铸连轧等新技术和新设备来生产小型钢材。

小型型材在我国国民经济的发展中需求量很大，1997 年实际年产量为 2044 万 t，约占钢材产量的 25% 以上。我国小型轧机的总套数在 1350 套以上，为世界第一，其中绝大多数为横列式轧机，连续式轧机占的比例较低，至 1997 年仅有 52 套，小型连轧比约为 40%，在建的连轧机有 10 套。总体上讲，我国小型型材的生产工艺落后、设备陈旧、产品成本高，因而产品的品种少、质量差、价格高，不适应国民经济的发展需要。

因此，建设新的具有规模效应的先进小型连轧机、提高现有小型连轧机装备水平并使其都达产并充分发挥效益、广泛采用连铸连轧短流程等新技术新工艺，是优化工艺和装备、提高小型型材产品质量、增加和开发小型型材品种、形成小型型材生产的规模经济的必由之路，且具有十分重要的意义和紧迫性。

引进国外小型型材生产的先进技术和装备，对推动我国小型连轧化、缩小与国外先进水平的差距有积极作用。但应抓紧引进后的消化吸收和改进，使之国产化，为国内自行设计制造小型连轧机提供借鉴。

原冶金工业部科技司在国内许多小型厂家和有关人员的大力支持和帮助下，组织有关专家编写成《小型型钢连轧生产工艺与设备》一书。本书将国内外小型连轧机装备与技术、生产实践经验及措施加以收集整理，系统地介绍给我国广大的小型型材生产技术人员，这无疑会对我国小型型材产品质量的提高和品种规格的开发，以及小型型钢连轧机的建设和国产化有很大的促进作用，对我国小型型材生产技术的进步做出贡献。

原冶金工业部科技司
1998 年 3 月

前 言

与横列式轧机相比,小型连轧机生产技术先进、产品质量好、节约能源、金属消耗低、劳动生产率大大提高、单位产品经营成本低,能形成一定的经济规模。世界产钢大国近年更是注重研制和采用连铸连轧技术、低温轧制工艺、切分轧制工艺、轧后控制冷却工艺,以及各种结构和传动形式的高刚度轧机、多功能高速高精度飞剪等新设备,并广泛采用计算机对全线进行控制和管理,使小型型材生产的产量、质量和经济效益明显提高。

可以预见,在提高现有小型连轧机装备水平并使其都达产并充分发挥效益的基础上,我国还需建设新的具有规模效应的先进小型连轧机,以改造、淘汰横列式小型轧机。引进国外小型材生产的先进技术和装备,可以加速缩小我国小型型材生产水平与国外先进水平的差距;同时抓紧引进后的消化吸收和改进,可为国内自行设计制造小型连轧机提供借鉴,走国产化道路。

为推动我国小型型材连轧化,我们将国内外小型型钢连轧机装备与技术、生产实践经验及措施加以收集整理,编写了《小型型钢连轧生产工艺与设备》一书,供有关人员参考。本书介绍了小型型材连轧生产的产品、装备、工艺和质量控制,其中包括坯料要求、选择及准备,加热炉形式和加热工艺,轧机形式、结构和参数,孔型系统和导卫设计,切分轧制,控制冷却工艺、参数,精整工艺和设备等,希望会对我国小型型材连轧机的建设和国产化、小型型材产品质量的提高和品种规格的开发,对小型型材生产技术的进步,起到一定的促进作用。

本书由北京科技大学李曼云教授主编。参加编写工作人员的分工是:第1、2、3章彭兆峰;第4章戎宗义;第5章沈茂盛、肖树勇、史东日、龚永平;第6章史东日、崔佩庸;第7章李曼云、王有铭、蔡庆伍、李小玉;第8、9章武其俭、王蔷、朱振华;第10章史东日、万海龙、卢峰。

本书在编写过程中,得到了原冶金工业部科技司领导的支持,并得到国内许多小型型材生产厂家和有关人员的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于本书涉及面广,收集的资料量大,加上编者的业务水平有限和时间较紧,书中一定会有某些缺点与不足,敬请广大读者批评指正。

南振卿 李曼云
1998年2月

目 录

1 概述	1
1.1 小型型钢连轧机的发展水平.....	1
1.1.1 历史的沿革	1
1.1.2 小型轧机的主要新技术	7
1.2 连轧小型轧机的种类和规模	16
1.2.1 连续式小型轧机.....	16
1.2.2 半连续式小型轧机.....	19
1.2.3 横列式小型轧机.....	22
1.3 横列式小型轧机的改造	24
1.3.1 横列式小型轧机没有必要都进行改造.....	24
1.3.2 横列式小型轧机改造方案.....	25
2 现代小型型钢连轧机的主要类型.....	29
2.1 高速轧制的圆钢和钢筋轧机	29
2.1.1 步进梁式加热炉.....	31
2.1.2 悬臂式轧机.....	32
2.1.3 预应力高刚度轧机.....	33
2.1.4 高速上冷床系统.....	34
2.1.5 棒材计数装置.....	34
2.2 高产量钢筋轧机	34
2.2.1 紧凑式粗轧机.....	35
2.2.2 精轧机.....	36
2.2.3 高产量的冷床.....	36
2.2.4 短尺分离系统.....	36
2.2.5 冷剪.....	37
2.3 灵活的多品种棒材轧机	37
2.3.1 轧机.....	37
2.3.2 齿条式冷床.....	39
2.3.3 冷飞剪.....	40
2.4 优质钢和特殊钢棒材轧机	40
2.4.1 高合金钢小型轧机.....	40

2.4.2	合金钢棒材和线材复合式轧机	45
2.4.3	特殊的(高精度方钢和扁钢)合金钢小型轧机	49
3	坯料	54
3.1	坯料的选择	54
3.2	坯料的冶金质量	56
3.2.1	炼钢	56
3.2.2	炉外精炼	56
3.2.3	连铸	61
3.3	坯料的检查和清理	62
3.3.1	抛丸	62
3.3.2	探伤	63
3.3.3	坯料清理	64
3.3.4	钢坯的检查修磨作业线	69
3.4	坯料的热送和热装	69
3.4.1	概述	69
3.4.2	采用热装的条件	70
3.4.3	热装工艺	71
3.4.4	热装操作	71
3.4.5	热送热装的典型实例	72
4	坯料加热和加热炉	75
4.1	坯料的加热	75
4.1.1	加热质量和加热缺陷	75
4.1.2	热工制度	78
4.1.3	炉子的操作	81
4.2	加热炉	84
4.2.1	平面布置	84
4.2.2	炉子的型式	86
4.2.3	炉子的结构	90
4.2.4	加热时间、产量及炉子主要尺寸的确定	107
4.2.5	供热和热耗	111
4.2.6	加热炉热工参数的检测和控制	123
4.2.7	节能措施	128
4.2.8	炉子实例	140
5	孔型与导卫装置	163
5.1	概述	163
5.2	圆钢孔型设计	163

5.2.1	圆钢孔型系统及其选择	163
5.2.2	圆钢成品孔的构成	163
5.2.3	精轧孔型设计	171
5.2.4	轧件断面面积计算	176
5.2.5	孔型图实例	179
5.3	热轧带肋钢筋的孔型设计	187
5.3.1	成品孔型设计	187
5.3.2	孔型加工时参数的选择与计算	193
5.3.3	成品前孔的选择	198
5.3.4	新型的月牙形横肋加工方法	198
5.4	异形断面孔型设计	200
5.4.1	异形断面的主要特征	200
5.4.2	金属在异形孔型中的变形	201
5.4.3	开口腿和闭口腿的变形特征	202
5.4.4	面积分布对轧件变形过程的影响	203
5.4.5	异形孔延伸分配的一般原则	204
5.4.6	轧制异形断面的孔型系统	204
5.5	槽钢孔型设计	207
5.5.1	概述	207
5.5.2	槽钢孔型系统	208
5.5.3	孔型设计	208
5.6	等边角钢孔型设计	223
5.6.1	概述	223
5.6.2	角钢轧制孔型系统	223
5.6.3	孔型设计	227
5.7	导卫装置	246
5.7.1	概述	246
5.7.2	导板梁	247
5.7.3	入口装置	254
5.7.4	出口装置	264
5.7.5	导卫装置的冷却与润滑	271
5.7.6	几个著名厂家制造的滚式导卫装置	271
5.7.7	活套装置	271
5.8	切分轧制	288
5.8.1	切分轧制技术的发展及目前应用情况	288
5.8.2	切分轧制的意义	289
5.8.3	采用切分轧制技术所需要的条件	290
5.8.4	各种轧机切分方案	292
5.8.5	切分轧制的孔型设计应注意的几个问题	294

5.8.6 采用切分轧制技术实例	298
6 轧辊、轧辊安装及轧制调整	301
6.1 轧辊	301
6.1.1 轧辊的主要性能指标	301
6.1.2 轧辊的材料	302
6.1.3 轧辊的选择	304
6.1.4 轧辊的使用与维护	305
6.1.5 小型连轧机使用轧辊尺寸及材质举例	306
6.2 轧辊安装及轧制调整	311
6.2.1 粗轧机在轧制线上的更换及安装	311
6.2.2 粗轧机的在线预调整	316
6.2.3 粗轧机轧制过程中的调整操作	321
6.2.4 中、精轧机在轧线上的更换安装	324
6.2.5 中、精轧机在轧线上的预调整	327
6.2.6 中、精轧机在轧制过程中的调整	328
6.2.7 主控台操作	329
6.2.8 常见事故分析及处理方法	340
7 控制轧制、控制冷却及精整	342
7.1 控制轧制及控制冷却	342
7.1.1 概述	342
7.1.2 控制轧制技术在连续式小型型钢轧机中的应用	344
7.1.3 控制冷却与在线热处理技术在连续式小型型钢轧机上的应用	345
7.1.4 钢筋的控制冷却——轧后余热处理 (Thermex)	346
7.1.5 棒材的控制冷却	362
7.1.6 采用控轧、控冷工艺的连续小型型钢轧机机组举例	365
7.2 连轧小型材的精整和热处理工艺	369
7.2.1 连轧小型材的热剪切	369
7.2.2 连轧小型材的冷却	372
7.2.3 轧件的编组或形成棒层与移送	381
7.2.4 棒材在线矫直和定尺剪切	381
7.2.5 棒材和型材的收集系统	384
7.2.6 连轧棒材典型精整工艺	389
7.2.7 合金钢小型棒材的精整热处理	399
7.3 低温轧制的应用	405
7.3.1 低温轧制与节能	405
7.3.2 低温轧制的可行性与制约条件	405
7.3.3 低温轧制所用轧机	406

7.3.4	低温轧制工艺及实例	407
7.3.5	低温轧制时材料的变形抗力与成品力学性能	409
7.3.6	低温轧制的经济效益分析	411
7.3.7	低温轧制与热轧工艺润滑	412
8	小型连轧机的主要设备	413
8.1	粗轧机、中轧机和精轧机	413
8.1.1	二辊式闭口机架水平轧机	413
8.1.2	二辊式闭口机架垂直轧机	420
8.1.3	平立可转换机架	421
8.1.4	45°无扭粗轧机	434
8.1.5	三辊行星轧机	434
8.1.6	三辊Y形轧机	438
8.1.7	紧凑式粗轧机组	440
8.1.8	预应力轧机	440
8.1.9	悬臂式轧机	444
8.1.10	短应力线轧机	457
8.1.11	精轧机	464
8.2	减径定径机	472
8.2.1	西马克公司的 HPR 高精度轧机	472
8.2.2	摩根公司的减径定径机	475
8.2.3	柯克斯-达涅利公司的三辊减径定径机	478
8.2.4	波米尼公司的定径机	481
8.3	飞剪机	482
8.3.1	飞剪机的用途和工艺要求	482
8.3.2	飞剪机的组成及分类	483
8.3.3	飞剪机的工作制度	483
8.3.4	飞剪机的典型结构	483
8.3.5	飞剪机基本参数的选择	486
8.4	轧辊轴承	487
9	小型轧机的辅助机械设备	492
9.1	钢坯加热炉入炉、出炉设备	492
9.1.1	入炉设备	492
9.1.2	出炉设备	508
9.1.3	热装热送设备	509
9.2	活套	520
9.3	冷床	522
9.3.1	输入设备	522

9.3.2	冷床本体	529
9.3.3	输出设备	533
9.4	冷剪和摩擦锯	539
9.4.1	冷剪	539
9.4.2	摩擦切割锯	540
9.5	小型型钢堆垛机	542
9.5.1	磁性堆垛机	542
9.5.2	非磁性堆垛机	543
9.5.3	标准堆垛机机型介绍	544
9.6	打捆机	546
9.7	小型轧机的液压和润滑	549
9.7.1	小型轧机的液压系统	549
9.7.2	小型轧机的润滑系统	549
9.7.3	液压油和润滑油的污染控制	553
10	连轧小型型钢生产的自动控制	557
10.1	概述	557
10.2	轧制过程自动化的基本概念及应用	557
10.3	自动控制系统	558
10.3.1	自动控制系统的构成	558
10.3.2	自动调速系统的构成	559
10.3.3	动态当量和静态速降	560
10.3.4	速度调节和速度变化	560
10.4	连轧小型型钢生产控制系统	561
10.4.1	计算机形式的选择	561
10.4.2	传动控制系统的选择	561
10.4.3	电机的选择	562
10.5	连轧小型型钢生产的几种主要自动控制过程	565
10.5.1	自动出钢过程控制	565
10.5.2	粗、中轧机的微张力控制过程	566
10.5.3	中、精轧机的活套无张力控制系统	572
10.5.4	上冷床热倍尺优化剪切控制过程	574
10.5.5	冷床入口的热倍尺型材分钢与制动控制	576
10.5.6	倍尺钢材的定尺剪切	579
	参考文献	580
	附 录 部分设备彩图	

1 概述

1.1 小型型钢连轧机的发展水平

1.1.1 历史的沿革

20 世纪 80 年代以来,世界新建的小型轧机绝大多数为全线无扭转的连续式轧机。1994 年投产的我国 BY 钢铁公司的小型轧机如图 1-1 所示。该轧机用 $120\text{mm} \times 120\text{mm} \times 10000\text{mm}$ 和 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 10000\text{mm}$ 的坯料生产 $\phi 10 \sim \phi 40\text{mm}$ 的圆钢和螺纹钢,其中 $\phi 10\text{mm}$ 、 $\phi 12\text{mm}$ 的螺纹钢为双线切分轧制,生产钢种有低碳钢、中碳钢和低合金钢,年产量 50 万 t。

由于机械和电气控制技术的进步,孔型设计的改进,特别是上游连铸技术的进步,小型轧机产生了根本性的变革。现代小型轧机的主要特点是:(1) 直接以 $130\text{mm} \times 130\text{mm} \sim 160\text{mm} \times 160\text{mm}$ 、重达 1.5~2.5t 的连铸坯为原料;(2) 设备和布置都比以前大大简化,除合金钢小型轧机外,一般小型轧机加热炉前不再需要复杂的坯料检查和修磨设备;(3) 一座步进式加热炉与一套轧机相配;(4) 轧线主轧机平/立交替布置,全线无扭转轧制,粗轧 6 架、中轧 6 架、精轧 6 架的组合成为普通钢小型轧机的标准布置形式;(5) 采用新型轧机,粗轧机多为悬臂式或短应力线式,中轧机则大部分采用高刚度的短应力线轧机;(6) 一般在轧线上设置两台切头飞剪,一台切倍尺飞剪;(7) 各架轧机单独传动,采用微张力和无张力轧制;(8) 轧线设置有完备的用于低温轧制和控轧控冷的温控设备;(9) 曾在 50 年代至 70 年代流行的双面冷床,被一台高效率的单面步进式冷床所代替;(10) 除少数合金钢小型轧机外,一般成品的小型轧机已不需要在线探伤和检查设备;在线矫直和在线飞剪定尺剪切的开发成功,一改 70 年代繁杂庞大的轧材精整系统,使精整线的设备和面积大大减少;(11) 高速无扭线材精轧机和斯太尔摩控制冷却工艺的问世,把线材的生产技术推到了一个新的阶段。现在线材轧机的轧制速度提高到 $120 \sim 140\text{m/s}$,保证速度 105m/s ,单线产量达 40~45 万 t。为充分利用线材和棒材设备,各自形成一个独立的分支。80 年代以后除少量合金钢外,一般为单独的线材或小型车间,线材和小型材的复合轧机已逐渐减少。

现代小型轧机是如此的高效,又如此的简便;但人类从 16 世纪开始轧钢发展到今天,却经过了漫长的过程。依·尼雪(E. Hesse)于 1530 年或 1532 年在拿伯格(Nurmburg)第一个发明了用于轧钢或轧铁的轧机。1728 年英国的约翰·彼尼(John Payne)在有两个刻成不同形状孔型轧辊的轧机中加工锻造棒材。1759 年英国的托马斯·伯勒克里(Thomas Blockley)取得了孔型轧制的另外一个专利,在历史上标致着正式开始生产型钢。

大约 1825 年,两个南斯塔福德施耶(South Staffordshire)的操作工想出了棒材成品前为椭圆断面,然后借助导卫进入最后一道孔型并轧制成圆的轧制工艺,奠定了至今仍在有效地使用的生产圆钢的椭圆—圆孔型。

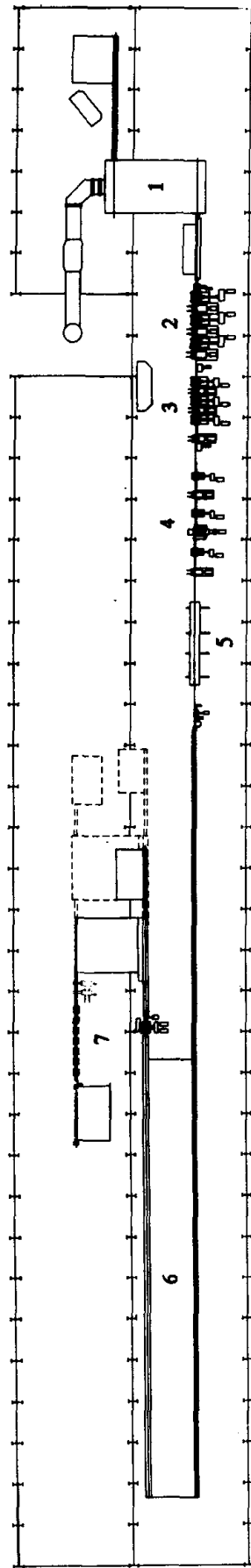


图 1-1 我国 BY 钢铁公司的小型轧机平面布置图

1—步进式加热炉，产量 80t/h；2—粗轧机；6 架 $\phi 630\text{mm}/\phi 520\text{mm}$ 短应力线轧机，平/立布置；

3—中轧机；6 架 $\phi 470\text{mm}$ 短应力线轧机，平/立布置；4—精轧机；6 架 $\phi 370\text{mm}$ 短应力线轧机，

平/立布置；5—可拆换的高强度钢筋淬火装置；6—96m $\times$ 10.7m 的步进式冷床；7—精整设备：

冷切定尺、短尺收集、自动打捆站、称重装置、收集台架

1853年 R. 罗登 (R. Roden) 发明了三辊轧机。1857 约翰·弗里茨 (John Fritz) 将三辊轧机用于棒材轧制和线材轧制。在一两年后 (大约 1854~1855 年), 一个比利时的轧钢工实现了不等轧件完全离开轧辊, 而正在轧制过程中将它的头部就送入下一个道次进行轧制的操作方法。这样棒材可同时在多个孔型, 如 3 个或 4 个孔型中同时进行轧制, 直至轧到 $\phi 6.35\text{mm}$ ($1/4\text{in}$ 直径)。如此单机架的线材或棒材轧机称之为比利时 (Belgian) 轧机或活套轧机 (参见图 1-2)。

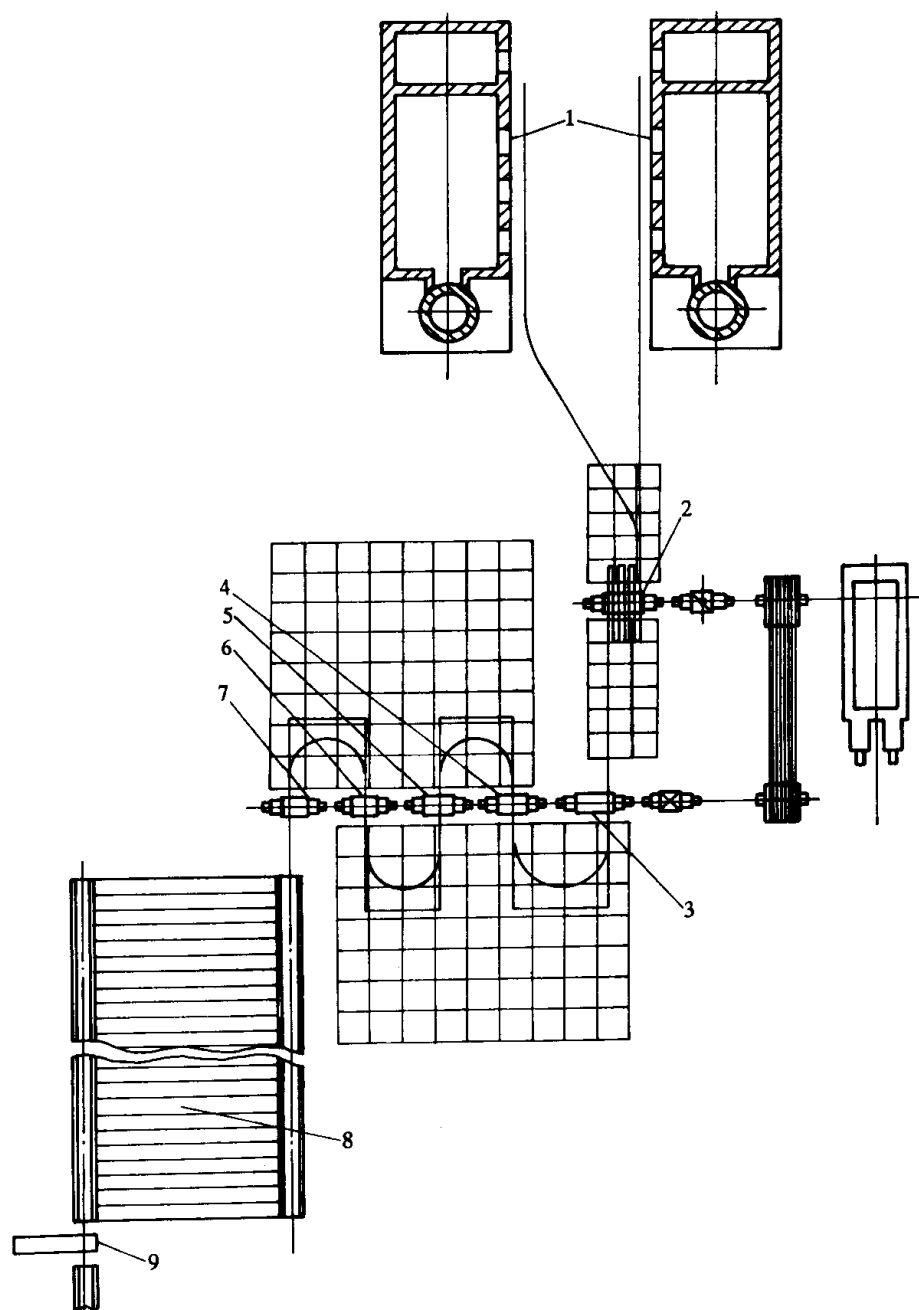


图 1-2 比利时轧机主轧机和辅助设备布置

1—加热炉; 2—三辊轧机 (轧辊直径可以是 300mm、350mm、400mm、450mm 或 500mm);
3—三辊中轧机; 4—三辊轧机; 5—三辊轧机; 6—二辊夹送装置; 7—二辊精轧机
(精轧机轧辊直径可以是 200mm、225mm、250mm 或 300mm); 8—冷床; 9—鳄式剪

纵向直线布置的连续式线材和棒材轧机大约开始于 1870 年, 1869 年瓦施本和米尔 (Washburn and Mean) 设备制造公司在格鲁夫街 (Grove Street) 厂安装了一台完全新型的线材轧机, 这种轧机由许多水平辊和数量相同的立辊依次排列组成, 奇数架为水平辊, 偶数架为立辊。这种排列取消了轧件在各道次之间翻钢 90° , 而一个齿轮传动系统使每一架轧机的轧辊速度比前一架的快, 这样就避免了道次间形成活套。

平/立交替的连轧机代表了线材和棒材生产的一大进步, 但无扭转连续式轧制技术的发展并不顺利, 立辊的安装调整和传动系统仍是困难的问题。而摩根和他的协会发明了不用立辊, 全部用平辊而在机架间装设扭转导板, 使轧件在机架间扭转 90° , 用有扭转的连轧代替了无扭转的连轧。晚些时候, 他们发现在一架轧机上可以同时轧制两根或更多根的轧件, 一根挨一根地平行通过轧机, 这就是沿续至今的有扭转多条轧制。

比利时轧机的使用持续了多年, 大约在 1900 年用于轧制棒材的连续式粗轧机和横列式精轧机如图 1-3 所示, 这种轧机可用 100mm (4in) 方坯轧制棒材。

图 1-4 所示为 1926 年投产的伯利恒 (Bethlehem) 公司列伯诺 (Lebanon) 厂的一套小型轧机, 该轧机由 12 个机架组成, 坯料尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 9000\text{mm}$, 重约 726kg, 生产 $\phi 12 \sim 42\text{mm}$ 的圆钢。№10 的轧制速度为 $1.9 \sim 4.6\text{m/s}$, №12 为 $3.9 \sim 5.9\text{m/s}$, 这套轧机当时的平均小时产量是 16t/h 。

在 20 世纪 40 年代, 被称作标准排列方式的比利时轧机如图 1-5 所示。轧制线由 1 架 450mm (18in) 的粗轧机, 其后是 1 架立辊轧机 (用于生产扁钢时压边), 5 机架 350mm (14in) 轧机, 2 架 300mm (12in) 轧机, 2 架带围盘的 250mm (10in) 轧机组成。这种不同轧机的组合, 以 $60\text{mm} \times 60\text{mm}$ 、 $75\text{mm} \times 75\text{mm}$ 、 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 和 $125\text{mm} \times 125\text{mm}$ 的方坯生产 $\phi 9.5$ ($3/8\text{in}$) $\sim 50\text{mm}$ (2in) 的圆钢, 以及相应规格的线材和窄带钢。

直到 20 世纪的 40 年代末 50 年代初, 由于机械制造和电气控制技术的进步, 无扭转的连续式轧机又重新得到了发展。图 1-6 为 1949~1950 年投产的伯利恒钢铁公司勒克加文那厂 (Bethlehem's Lackawanna Plant) 棒材轧机的平面布置。这是一个采用连续式布置的大盘卷和棒材的复合轧机, 轧机能力为 25000t/月 , 用 $63\text{mm} \times 63\text{mm}$ 、 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 、长 9000mm 、最大单重 705kg 的坯料生产 $\phi 12 \sim 40\text{mm}$ 的圆钢, $12 \sim 38\text{mm}$ 的方钢, $25 \sim 127\text{mm} \times 3 \sim 8\text{mm}$ 的扁钢, $14 \sim 40\text{mm}$ 的六角钢, $44 \sim 110\text{mm}$ 宽的弹簧扁钢, $12 \sim 32\text{mm}$ 的钢筋, $25\text{mm} \times 25\text{mm} \sim 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的角钢。

从 50 年代起, 无扭转轧制的全连续式的小型轧机逐渐增多。1958 年 4 月投产的美国共和国公司 (Republic's) 的棒材轧机代表了当时的水平, 其平面布置如图 1-7 所示。该轧机用断面尺寸为 $75\text{mm} \times 75\text{mm}$ 、 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$, 9000mm 长的坯料生产 $\phi 10 \sim 32\text{mm}$ 的圆钢, $25 \sim 100\text{mm} \times 5 \sim 13\text{mm}$ 的扁钢, $10 \sim 28\text{mm}$ 的方钢和六角钢, $25\text{mm} \times 25\text{mm} \times 5\text{mm} \sim 50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的角钢, 以及成卷的盘条, 最高轧制速度为 15m/s 。

在 20 世纪 70 年代, 还建造了一部分带围盘的横列式套轧小型型钢轧机, 但全连续式的布置形式已成为小型轧机的主流。1976 年投产的住友金属工业公司 350mm (14in) 棒材轧机如图 1-8 所示。该轧机以 $180\text{mm} \times 180\text{mm} \times 12.8\text{m}$ 、单重 3200kg 的坯料, 生产 $\phi 28 \sim 101.6\text{mm}$ 的圆钢、 $25 \sim 51\text{mm}$ 的钢筋、 $45 \sim 85\text{mm}$ 方钢、 $8 \sim 30\text{mm} \times 60 \sim 160\text{mm}$ 的扁钢。轧机最大的轧制速度为 12m/s 。这套高产量轧机的设计能力为 250t/h , 在运行了几个月以后, 实际的轧制量记录是 8h 生产 1540t 。轧机以一个高效的布置形式构成极为合理的工艺流

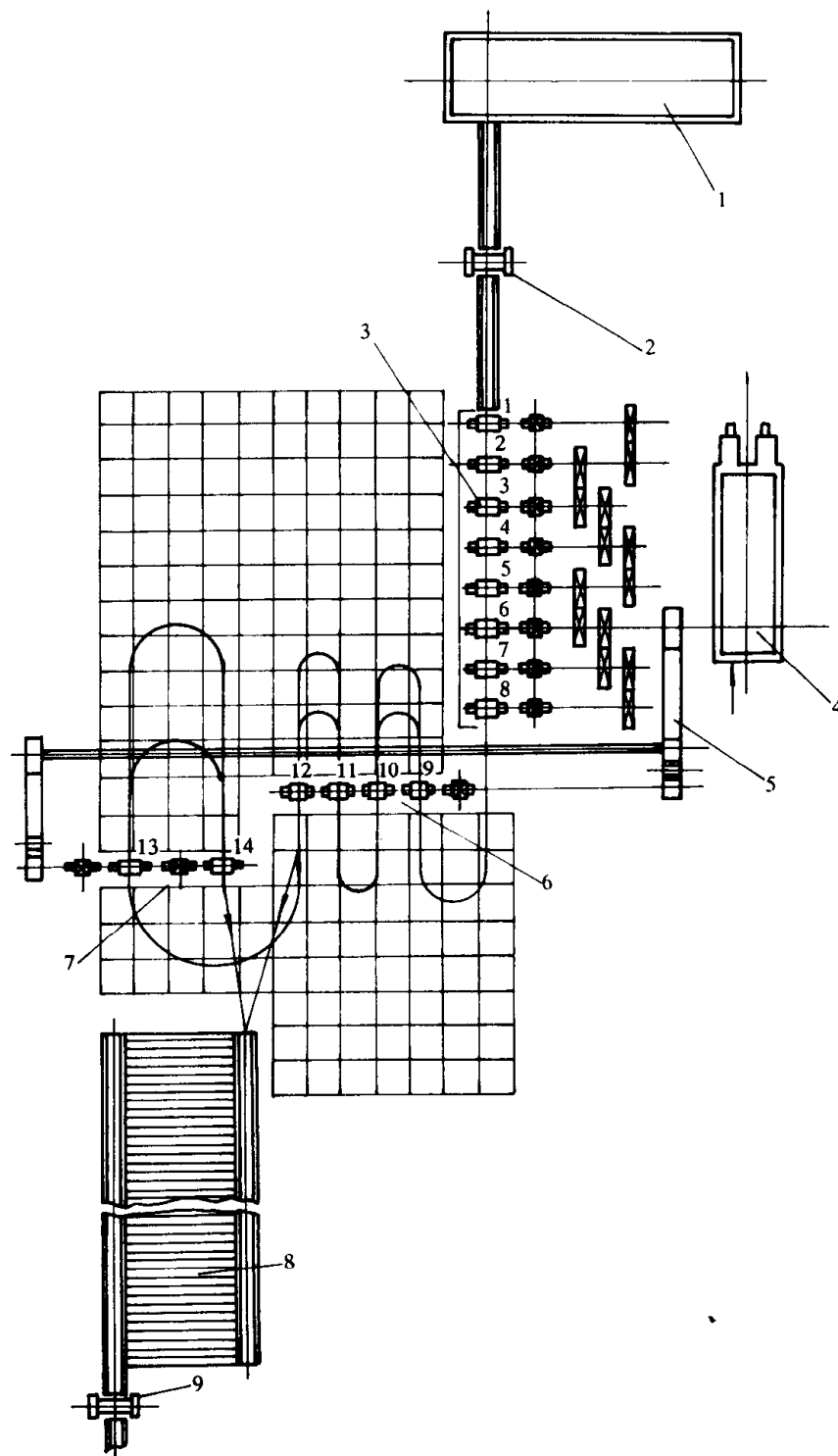


图 1-3 1900 年的一套活套小型轧机

1—连续加热炉；2—剪机；3—8 机架 350mm (14in) 粗轧机组；4—蒸汽机；5—皮带传动；
6—300mm (12in) 精轧机列；7—200mm (8in) 精轧机列；8—冷床；9—剪机

程，直条的棒材在 16 架水平/垂直交替布置的轧机上实现无扭轧制。

80 年代以后，随着连铸技术的成熟，机械制造水平的提高，电气控制技术的迅速发展，小型轧机才逐渐演变成如图 1-1 所示的现代的全线无扭转直线连续式小型轧机。