

高速轧机

《高速轧机线材生产》编写组 编著

GAOSU ZHAJI 线材生产

XIANCAI SHENGCHAN

冶金工业出版社

3.6

高速轧机线材生产

《高速轧机线材生产》编写组 编著

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书是在收集、整理国内外高速线材轧机装备与技术、产品品种与产品质量、生产经验基础上编写而成的。全书分9章介绍了高速线材轧机及其生产的发展过程；高速线材轧机的型式、高速轧机线材生产工艺及平面布置；坯料选择、检查、清理、清理设备、加热炉型式和加热工艺；高速线材轧机采用的孔型系统、设计方法和有关的孔型参数以及导卫装置；高速线材轧机所采用的轴承；高速轧机线材生产的控制轧制工艺、控制冷却线类别和参数以及精整设备和工艺；高速轧机生产线材的质量控制；高速线材轧机主、辅机的类型、参数及结构。全书有图364幅、表106个。

本书主要供从事线材生产、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

高速轧机线材生产 / 《高速轧机线材生产》编写组编著. —北京：
冶金工业出版社，1995. 11 (1999. 7 重印)

ISBN 7-5024-1740-0

I. 高… II. ①乔… ②李… ③高… III. 线材轧机-生
产工艺 IV. TG333.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 15831 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

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

1995 年 11 月第 1 版, 1999 年 7 月第 2 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 33.75 印张; 808 千字; 528 页; 3201~5200 册

60.00 元

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

《高速轧机线材生产》编委会

主 任 余宗森

副主任 谢仕柜 李世俊 南振卿

委 员 (按姓氏笔画顺序)

王德水 (青岛钢铁总厂) 刘振庄 (唐 钢)

张少渊 (中钢公司) 王德奎 (马 钢)

张耀庭 (上钢二厂) 钟世治 (攀 钢)

段世荣 (首 钢) 姜 逊 (南京钢厂)

徐玉好 (鞍 钢) 黄哲理 (邯 钢)

蔡永刚 (沈阳线材厂) 谢 权 (邯 钢)

《高速轧机线材生产》编写组

主 编 乔德庸 李曼云

成 员 (按姓氏笔画顺序)

乔德庸 (首 钢) 李旺春 (鞍 钢)

李曼云 (北京科大) 陈诗河 (重庆钢铁设计研究院)

肖 安 (北京科大) 金松国 (鞍 钢)

姜 逊 (南京钢厂) 袁新运 (马 钢)

张炳炎 (马 钢) 强十涌 (包头钢铁设计研究院)

魏铭让 (邯 钢)

责任编辑 叶建林 李在兰

序

线材是钢铁产品的重要品种之一，广泛应用于建筑和制品工业，目前世界范围内线材年产量占世界钢材总产量的 10% 左右。世界主要产钢国家普遍采用全连续高速无扭线材精轧机组和控制冷却技术，作为线材生产的主要工艺装备手段。世界上有高速轧机线材生产线 260 多条，线材中高速线材轧机生产的产品比例为 80% 以上，控冷线材比达 95%。

目前，我国有线材轧机 110 套，线材占钢材产量的 20% 左右；已建成高速线材轧机共 20 套 28 条生产线，线材中高速线材轧机生产的产品比例为 30% 左右，控冷线材比为 36%。从整体上看，我国线材生产水平尚有待进一步提高。

我国改革开放的深入发展对线材生产提出了新的要求，就线材轧机的生产和建设而言，面临的任务十分艰巨，其中主要有优化工艺和装备、提高线材产品质量、增加和开发线材品种、提高线材产量等，因此建设高速线材轧机、使现有高速线材轧机都达产并充分发挥效益具有十分重要的意义。

我国已引进当今世界占主导地位的 4 种主要高速线材轧机机型；在消化引进技术和设备的基础上自行设计和制造了国产高速线材轧机，使我国的线材产品品种、质量、生产工艺与装备技术都有了很大的进步和发展。本书将国内外高速线材轧机装备与技术、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线材生产工程技术人员，无疑会对我国线材产品质量的提高与品种规格的开发，以及某些高速线材轧机的建设和国产化有很大的促进作用。

这本书是冶金工业部科技司组织有关有实践经验的专家编写而成的，并得到国内许多线材厂家和有关人员的大力支持及帮助，相信会对我国线材生产技术的进步有所贡献。

冶金工业部副部长

殷瑞钰

一九九二年一月十日

前 言

70年代以来,世界主要产钢国家普遍采用全连续高速无扭线材轧机和控制冷却技术,作为线材生产的主要工艺装备手段。目前,世界上有高速轧机线材生产线260多条,在年产4800万t线材中,有80%是高速线材轧机生产的。

1983年以来,我国先后有11个厂从6个国家引进高速线材轧机,计18条线,年生产能力390万t。这些高速线材轧机包括了当今世界占主导地位的4种主要机型:美国摩根公司的侧交45°高速线材轧机,英国阿希洛公司的顶交45°高速线材轧机,德国德马克公司的侧交15°/75°高速线材轧机及意大利达涅利公司的平—立交替高速线材轧机。与此同时,我国有7个厂建成投产国产的高速线材轧机,计11条线,年生产能力131万t。另外,正在建设高速线材轧机的还有7个厂8条线,年生产能力311万t。这25个厂37条高速轧机线材生产线全部形成生产能力后年产为832万t。改革开放的深入发展对线材生产提出了新的要求,迫切需要对我国现有横列式线材轧机和复二重线材轧机进行技术改造。通过引进、消化、自行研制、掌握高速线材轧机先进技术软件和关键设备硬件,通过合作制造高速线材轧机设备和备品配件的国产化等途径,为上述改造提供了有利条件。可以预见,更多的高速线材轧机将在我国兴建和投产,并成为我国线材生产的主要轧机。为此,我们组织编写了《高速轧机线材生产》一书,供有关人员参考。

本书在收集整理国内外高速线材轧机装备与技术、产品品种与产品质量、生产经验基础上,介绍了高速轧机线材生产装备、工艺、产品和质量控制。其中包括坯料要求、选择及准备,加热炉型式和加热工艺,粗轧、中轧、预精轧和精轧机组型式、参数和结构,孔型及导卫设计,控制冷却线类别、参数和控制,精整设备和工艺,以及典型生产厂的平面布置、设备组成、生产品种和产量等。希望本书能够对推动我国线材生产的技术进步、线材新产品的开发和产品质量的提高,起到一定的促进作用。

本书涉及到的外国厂家较多,其名称的中外文对照表附在书后。

本书由首都钢铁公司乔德庸高级工程师和北京科技大学李曼云教授主编。参加编写工作的人员分工是:第1章 乔德庸、陈诗河;第2章 强十涌;第3章 姜 逊、乔德庸、魏铭让;第4章 金松国、姜 逊;第5章 李旺春;第6章 乔德庸;第7章 袁新运、李曼云;第8章 魏铭让、乔德庸、张炳炎;第9章 乔德庸。

本书在编写过程中,得到冶金工业部科技司领导的支持,并得到国内十几个线材厂家和有关人员的大力支持及帮助,在此表示衷心感谢。

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

南振卿 李曼云

1994年12月 于北京

目 次

1 高速线材轧机的发展

1.1 线材轧机的发展与高速线材轧机的诞生	1
1.2 高速线材轧机的发展	2
1.2.1 高速线材轧机机型	2
1.2.2 高速线材轧机的发展与成熟	2
1.2.3 高速轧机线材生产线的建设	11

2 高速轧机线材生产的工艺及平面布置

2.1 高速轧机线材生产工艺	23
2.1.1 高速线材轧机的产品及原料	23
2.1.2 高速轧机线材生产的工艺特点	25
2.1.3 高速轧机线材生产的工艺流程	27
2.1.4 高速无扭精轧机和控制冷却技术在老轧机上的应用	29
2.2 高速轧机线材生产主要工艺参数的确定及工艺设计	31
2.2.1 钢坯重量及尺寸	31
2.2.2 生产能力、精轧速度及线数	31
2.2.3 粗轧工艺和设备型式及参数	33
2.2.4 中轧及预精轧的工艺和设备型式及参数	36
2.2.5 精轧的工艺和设备型式及参数	39
2.2.6 高速线材轧机的速度调节与控制	42
2.2.7 高速线材轧机的高架式布置	43
2.3 各类高速线材轧机的组成及平面布置	44
2.3.1 一些高速轧机的线材生产工艺	44
2.3.2 高速线材轧机平面布置图	86

3 坯料

3.1 坯料的选择	108
3.1.1 选择断面尺寸、长度、盘重的工艺根据	108
3.1.2 初轧坯与连铸坯	108
3.2 钢坯的技术条件	112
3.2.1 对钢种与化学成分的要求	112
3.2.2 对钢坯尺寸和质量的要求	112
3.2.3 对表面质量与内部质量的要求	112
3.3 钢坯的检查和清理	115
3.3.1 钢坯的检查方法	115
3.3.2 钢坯的清理方法	121
3.3.3 钢坯检查清理设备	121
3.4 坯料的管理	134
3.4.1 坯料的堆放及原料库的管理	134

3.4.2	坯料的组批与上料	134
3.4.3	原料库的计算	135
3.5	提高线材用钢质量的实例	135
3.5.1	非金属夹杂物和钢的洁净度	135
3.5.2	控制钢的洁净度——二次精炼	137
3.5.3	浇注	140
3.5.4	优质线材用钢的综合生产技术	140
4	加热炉和钢坯加热	
4.1	加热炉	142
4.1.1	步进式加热炉及其步进机构	142
4.1.2	炉子的加热能力和炉型	144
4.1.3	耐火材料	145
4.1.4	燃料与燃烧装置	147
4.1.5	加热炉热工参数的检测和控制	149
4.1.6	加热炉的节能技术	150
4.1.7	加热炉设计	153
4.1.8	高速线材轧机的加热炉实例介绍	156
4.2	钢坯加热	176
4.2.1	钢坯的加热温度	177
4.2.2	钢坯的加热速度和加热时间	177
4.2.3	钢坯的加热制度	178
4.2.4	钢坯的氧化烧损	179
4.2.5	钢坯表面脱碳	180
4.2.6	钢坯的过热和过烧	180
5	孔型与导卫装置	
5.1	概述	181
5.2	粗轧、中轧孔型系统类型及选择	181
5.2.1	高速线材轧机常用的延伸孔型系统分析	181
5.2.2	粗、中轧延伸孔型系统的选择	191
5.2.3	粗、中轧延伸量的分配	191
5.2.4	连轧常数与拉钢系数	193
5.2.5	速度锥	202
5.3	预精轧及精轧机组孔型	206
5.3.1	预精轧、精轧机组孔型系统	206
5.3.2	预精轧、精轧机组孔型延伸系数的分配	207
5.3.3	精轧机组孔型设计的有关问题	208
5.4	高速线材轧机的孔型设计程序和设计方法	210
5.5	高速线材轧机的孔型参数及孔型图	211
5.5.1	某些高速线材轧机的孔型图	211
5.5.2	某些高速线材轧机的孔型参数表	211
5.6	轧制程序表	233
5.7	导卫装置	235

5.7.1 概述	235
5.7.2 导板梁	246
5.7.3 入口装置	247
5.7.4 出口装置	256
5.7.5 光学调节器	263
5.7.6 导卫装置的冷却与润滑	266
5.7.7 几个著名厂家制造的滚式导卫装置	266
5.8 活套装置	284
6 轧辊及轧机调整	
6.1 高速线材轧机的轧辊类型及结构尺寸	300
6.1.1 粗、中轧机组轧辊结构尺寸	300
6.1.2 预精轧机与精轧机的轧辊尺寸结构	301
6.2 轧辊材质	301
6.2.1 高速线材轧机轧辊的使用条件	301
6.2.2 轧辊材质的选择	303
6.3 轧辊的冷却	307
6.4 轧辊轴承	308
6.5 高速线材轧机的安装	308
6.5.1 轧机的安装	308
6.5.2 轧辊的安装	309
6.5.3 机组的轧制线与工艺平台	309
6.6 高速线材轧机的调整	309
6.6.1 高速线材轧机调整的高精度概念	309
6.6.2 轧制前粗、中轧轧机的调整	309
6.6.3 轧制过程中的轧机调整操作	311
6.6.4 粗、中轧机组的换辊、换孔及调整	314
6.6.5 精轧机组的换辊及调整	315
6.7 工艺故障分析	318
6.7.1 事故的分类	318
6.7.2 具体事故的分析	318
7 线材的控制轧制、控制冷却与精整	320
7.1 线材的控制轧制	320
7.1.1 线材控制轧制概况	320
7.1.2 采用控温轧制的工厂举例	321
7.2 线材轧后的控制冷却	326
7.2.1 线材控制冷却的提出	326
7.2.2 线材控制冷却的工艺要求	327
7.2.3 控制冷却工艺的类型	330
7.2.4 斯太尔摩控制冷却工艺	330
7.2.5 阿希洛控制冷却工艺	350
7.2.6 施罗曼控制冷却工艺	357
7.2.7 达涅利控制冷却工艺	360

7.2.8 其他冷却工艺	365
7.3 线材的精整、运输与成品库	371
7.3.1 线材的集卷、修整、检查与取样	371
7.3.2 盘卷的运输与打捆	378
7.3.3 盘卷的称重、卸卷及入库	386
7.3.4 精整工艺布置实例	388
8 高速线材轧机产品的质量控制	
8.1 产品缺陷及质量控制	391
8.1.1 线材使用的质量要求	391
8.1.2 热轧盘条质量控制	395
8.2 质量的检查、检验	409
8.2.1 常规检验	409
8.2.2 争议处理检验规则	410
8.3 各类产品的生产特点和质量控制	414
8.3.1 焊线钢	414
8.3.2 硬线	416
8.3.3 软线	417
8.3.4 低合金钢线材	418
8.3.5 合金钢线材	419
8.3.6 冷镦钢线材	420
9 高速线材轧机的主机与辅机	422
9.1 高速线材轧机的主机	422
9.1.1 粗轧机、中轧机	422
9.1.2 粗、中轧机类型	422
9.1.3 水平二辊及平—立辊交替布置轧机的工作机座型式	427
9.1.4 预精轧机及悬臂式轧机	449
9.1.5 精轧机组	458
9.2 辅助设备	490
9.2.1 上料台架	490
9.2.2 入炉辊道	491
9.2.3 钢坯称量秤	491
9.2.4 加热炉炉尾推钢机	491
9.2.5 出钢机械	499
9.2.6 出炉拉料辊	499
9.2.7 分钢器	499
9.2.8 粗轧1号机架前的钢坯剪	499
9.2.9 粗轧机后面的切头及碎断剪	501
9.2.10 预精轧机前的飞剪	508
9.2.11 精轧机前的切头、分切剪和碎断剪	508
9.2.12 卡断剪	508
附表：外国公司（厂家）名称中外文对照	522

1 高速线材轧机的发展

1.1 线材轧机的发展与高速线材轧机的诞生

据资料介绍,第一台线材轧机问世于17世纪,是由锻坯成材的。比较正规的第一台横列式线材轧机建于1817年,由于受冶金工业发展的限制,线材轧机发展缓慢,直到19世纪末仍以横列式轧机为主。尽管1862年英国曾建造过一台连续式轧机,由于盘重小、质量差,效率还不及多线横列式,这种轧机并没有得到发展。

线材轧机的显著进步是在本世纪。由横列式、半连续式、连续式直到高速轧机的诞生,每一个新的机型,每一个新的布置都使线材的轧制速度、轧制质量和盘重有所提高。然而唯独高速线材轧机得到了突飞猛进地发展。

高速线材轧机与其他先进技术一样也是时代的产物,是冶金技术、电传电控技术、机械制造技术的综合产物。

在第二次世界大战结束时,工业发达国家的线材生产技术仍沿着高速、连续、两个主要方向发展。当时具有代表性的连续式轧机有两种:一种是以美国摩根公司为代表研制的精轧机组集体传动的二辊水平式轧机;另一种是以德国施罗曼公司为代表研制的精轧机组单独驱动的平—立交替式轧机。

当集体传动的二辊水平式轧机,进行多线轧制时,椭圆轧件进入下一道必须扭转翻钢。最初的摩根二辊水平机组由六架轧机组成,轧制速度为25.5m/s。当轧制速度进一步提高时,首先受到进入精轧机活套的速度限制。当活套出口速度太高时“甩尾”、“打结”的故障频繁,所以后期的二辊水平精轧机组都是八架组成的。改成八架后,其轧制速度由25.5m/s提高到35m/s,其活套入口速度则由14.1m/s降到13.8m/s,并且活套轧件的断面增大了,因此收到了降低活套事故的效果。

其次受到扭转翻钢的限制,主要受扭转的限制。随着轧制速度的提高,扭转导管的故障显著增加,在解决了滚动扭转导管以后,轧制速度才提高到30m/s。若继续提高轧制速度,不但要求用滚动扭转导管,而且必须是水力驱动的滚动扭转导管,即使如此,轧制速度也只能提高到35m/s。

二辊水平轧机大都是多线轧制,这是二辊水平轧机的一个特点。多线轧制各线不免相互影响。1线有故障往往必须全机停下来处理,因为在高速轧制时,绝不允许进入防护罩内处理故障。当恢复轧制时,高速机组需慢速“爬行”通过轧件,然后再高速生产,所以多线轧制的作业率低。

多线轧制的产品断面尺寸精度低,在刚性很好的机座上若4线轧制,轧件断面尺寸精度只能达到 $\pm 0.38\text{mm}$,3线轧制其精度可达 $\pm 0.3\text{mm}$,2线轧制其精度可达 $\pm 0.25\text{mm}$,1线轧制其精度可达 $\pm 0.2\text{mm}$ 。然而,线材是拉丝的原料,是建筑钢筋混凝土的辅筋,它的尺寸允许波动范围比较大。有人研究,当线材断面尺寸精度达到 $\pm 0.3\text{mm}$ 时,若再提高精度对于低碳钢丝的拉拔就毫无意义。但对表面质量要求十分严格的冷镦材、弹簧丝、琴钢丝等,提高其原料精度是十分必要的。

德国施罗曼公司研制的平—立单独驱动的精轧机组克服了二辊水平机组的缺点。平—立交替轧制完全避免了扭转而且实现了单线轧制，从而完全消除了二辊水平机组多线、扭转翻钢的缺点。但又出现了新问题，一是电机传动的速度精度低，不能控制在1%以内，更达不到齿轮传动时相临轧机速比绝对不变的水平；二是立轧机结构高大，轧辊高速运转震动大，所以速度并没有超过二辊水平机组。平—立交替机组较二辊水平机组设备费用贵了近一倍，产品尺寸精度提高了20%，速度基本相同。显然平—立交替机组不经济，所以施罗曼公司很快也采用了二辊水平精轧机组。

线材生产中轧制张力是有害的。张力是造成线材同条尺寸差的主要原因之一。轧件在未进入下一架之前，和后尾脱开前一架之后，头尾都建立不了张力，与中间有张力段比较头尾尺寸大。理想的办法是无张力轧制，但在高速轧制的情况下，细小轧件的活套控制很难。如采用微张力轧制再尽可能缩短轧机间距，则能将张力的危害减到最小。实现微张力必须提高传动精度，只有机组集体传动能达到这种要求。由此看来施罗曼公司舍平—立而取二辊水平机组不完全是经济上的原因也包含了对张力的认识。

到20世纪60年代初线材的最高轧制速度达到了35m/s，盘重达到了550kg，精度达到了 $\pm 0.25\text{mm}$ ，较30年代的8m/s的轧制速度， $\pm 0.6\text{mm}$ 的精度，100kg左右的盘重有了很大的进步，但人们仍然在追求实现更经济的生产方法。有人作过计算，如果轧制速度提高到60m/s，设备费增加一倍，其生产成本仍较30m/s便宜。所以提高线材生产的轧制速度仍然是大家努力追求的最主要目标。在这个思想指导下，从60年代初开始，研制了许多高速机组。

高速无扭转精轧机组和控制冷却设备用于线材生产，标志着新一代高速线材轧机的诞生。

1.2 高速线材轧机的发展

1.2.1 高速线材轧机机型

从线材精轧机组的发展历史来看，一般轧机的最大轧制速度提高到40m/s以后，就无法再提高了。因此，所谓高速轧机，一般是指最大轧制速度高于40m/s的轧机。

高速轧机的特点是：高速、单线、无扭、微张力、组合结构、碳化钨辊环和自动化。其产品特点是盘重大、精度高、质量好。

如前所述，高速轧机仅仅是高速线材轧机的关键设备之一。其机型按每个机架的轧辊大小来划分，可分为大辊径（ $\phi 250 \sim 290\text{mm}$ ）和小辊径（ $\phi 152 \sim 210\text{mm}$ ）两种；按轧辊中心线相对于地平面布置的角度来划分，可分为 $15^\circ/75^\circ$ 、 45° 、平—立辊交替二辊式等；按轧辊的支撑状况分，可分为双支点（三辊式和框架式）和悬臂式两种。而 45° 高速轧机，按机架间轧辊交汇位置不同，又分为侧交和顶交两种；按其传动结构不同，又分为外齿传动和内齿传动（克虏伯机型）两种。

上述各种机型可概括为三辊式、 45° 、 $15^\circ/75^\circ$ 和平—立交替式四种。现将几种主要高速无扭精轧机组的技术性能参数列于表1-1。

1.2.2 高速线材轧机的发展与成熟

1.2.2.1 轧制速度的发展

如前所述，一般将轧制速度大于40m/s的轧机称为高速轧机。因此，轧制速度是高速

线材轧机的一个重要参数。摩根新式精轧机是当代具有代表性的高速轧机。摩根公司从1962 年就开始研制新式线材精轧机，1966 年第一台高速无扭精轧机在加拿大钢铁公司投产，保证轧制速度为 43m/s。

表 1-1 几种主要高速无扭精轧机组的技术性能参数

序号	参数名称	机 型							
		柯克斯三辊 Y 型轧机	施罗曼	克虏伯	摩根	德马克	阿希洛	达涅利	摩哥斯哈玛
1	轧辊支撑方式	双支点	双支点	悬臂	悬臂	悬臂	悬臂	悬臂	悬臂
2	机组的机架数目	10~13	8~11	8~10	8~10	8~10	8~10	8~10	8~10
3	传动方式	集中或分组	分两组 集中传动	集中传动	集中传动	集中传动	集中传动	集中传动	集中传动
4	主传动电机, kW	1000~1200	2×800 1×700	2×1000	2×(1650~ 1950)	2×(1400 ~1750) 3×1600	2×(1500 ~1750)	2×(1650 ~1800) 3×1350	2×(1350 ~1500)
5	轧辊直径, mm	290	250	210/160	210/150	210	210	210/160	210/160
6	最大轧制速度, m/s	61	50	50	120	120	100	100	100
7	轧件的最小尺寸 偏差, mm	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1
8	机架间距, mm	410	450	600~700	750/632	800	920	600	690
9	轧辊材质	普通材质	普通材质	碳化钨	碳化钨	碳化钨	碳化钨	碳化钨	碳化钨
10	孔型系统	倒三角— 正三角 (△—▽)	椭圆—圆	椭圆—圆	椭圆—圆	椭圆—圆	椭圆—圆	椭圆—圆	椭圆—圆
11	更换孔型方法	整机组更换	机架移动	辊环翻转 180°	辊环翻转 180° 及加垫片	辊环翻转 180°	辊环翻转 180°	辊环翻转 180°	辊环翻转 180°
12	轧机调整	轴向固定, 径向有可调 和不可调 二种	轴向、径向 均可调整	轴向固定、 径向可调整	轴向固定、 径向可调整	轴向固定、 径向可调整	轴向固定、 径向可调整	轴向固定、 径向可调整	轴向固定、 径向可调整
13	换孔型或换机架 时间, min	10~15	换孔 2 换机架 15	5~7	5~7	5~7	5~7	5~7	5~7
14	机组重量, t	60	100	60	72.5	99	80	66.5	~80

摩根公司在第一台高速无扭精轧机投产后的 20 年间，发展非常迅速，其线材轧机的轧制速度提高得很快。图 1-1 展示出摩根线材精轧机轧制速度发展的 6 个阶段，现在摩根线材精轧机的发展已进入第Ⅵ代。

由图 1-1 可见，保证轧制速度从第Ⅰ代的 43m/s，到第Ⅵ代的 100m/s，提高了 1.3 倍；最大辊径时的轧制速度从第Ⅰ代的 50m/s，到第Ⅵ代为 120m/s，提高了 1.4 倍；电机最大转速时的轧制速度从第Ⅰ代的 60m/s，到第Ⅵ代为 140m/s，提高了 1.33 倍。第Ⅰ代至第Ⅵ代的三种速度均列于表 1-2。

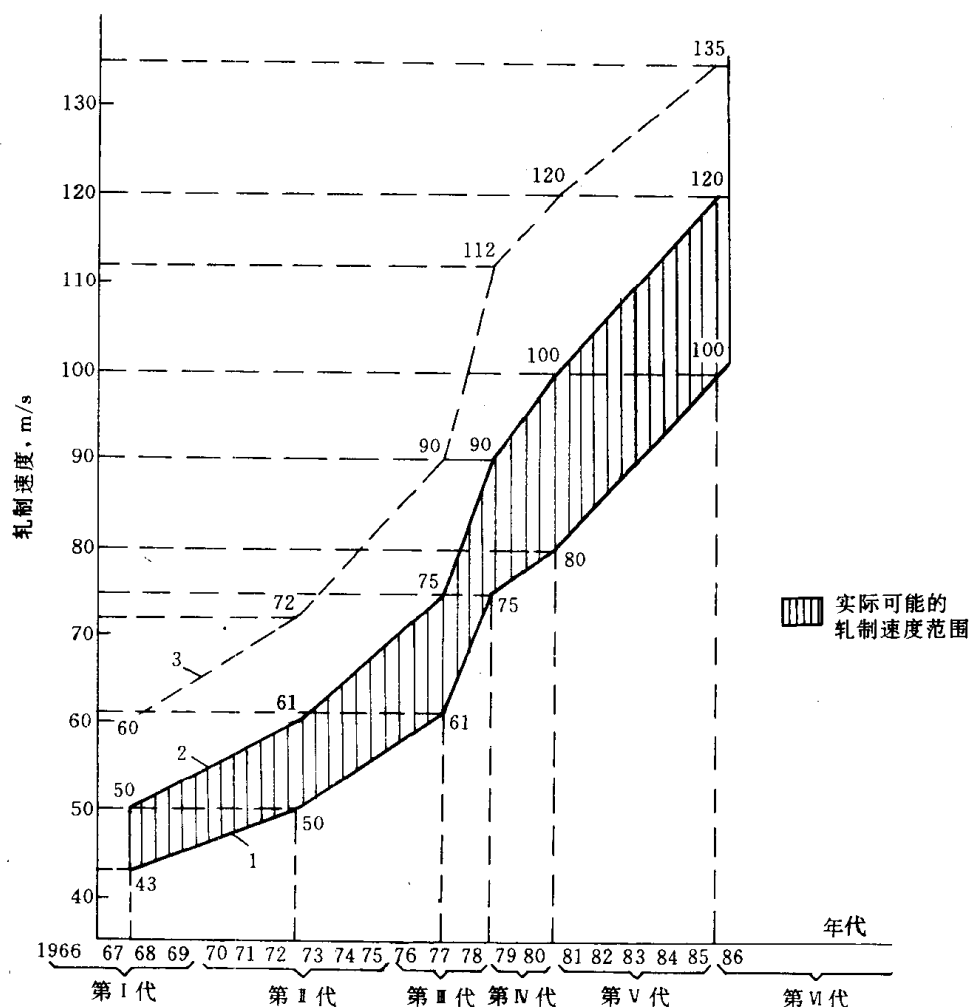


图 1-1 摩根线材精轧机发展的六个阶段

1— $\phi 5.5\text{mm}$ 保证轧制速度；2— $\phi 5.5\text{mm}$ 最大辊径时的轧制速度；
3—电机最大转速时的轧制速度

其他高速轧机，如德马克、阿希洛，达涅利和摩哥斯哈玛，与摩根轧机一样，轧制速度发展也很快，其中德马克机型的保证轧制速度也达到了 100m/s ，其他机型的保证轧制速度都达到了 80m/s 。

表 1-2 摩根第 I 代至第 VI 代线材精轧机的轧制速度

代	I	II	III	IV	V	VI	
保证轧制速度, m/s	43	50	61	75	80	100	
最大辊径时的轧制速度, m/s	50	60	75	90	100	120	
电机最大转速时的轧制速度, m/s	60	72	90	112	120	140	

提高轧制速度的目的是提高产量，增加盘重。表 1-3 示出了轧制速度与产量的关系。

表 1-3 轧制速度与产量的关系 (生产 $\phi 6.5\text{mm}$ 线材, 有效工作时间为 4200h)

轧制速度 m/s	作业率 %	单线轧制的小时 产量 (理论/实际) t/h 理论/实际	年产量, 万 t/a		
			单线轧制	双线轧制	四线轧制
30	80	28/20	10	20	40
40	80	37/30	13	25	50
50	80	46/37	16	32.5	65
60	80	56/45	19	37.5	75
70	75	66/50	21	42.5	85
80	75	76/58	25	50	100
90	70	85/60	25	50	100
100	70	94/66	27.5	55	100

从表 1-3 可看出, 当轧制速度在 30~80m/s 时, 小时产量和年产量成线性关系增长; 当轧制速度超过 80m/s 时, 特别是在多线轧制的情况下, 年产量的增长并不明显。由此可见, 如从综合经济效益考虑, 线材轧机的成品轧制速度与轧制线数应有最佳选择。那么为什么当轧制速度提高到 80m/s 后, 人们还不断追求提高轧制速度呢? 这主要是为满足增大钢坯断面的需要。随着连铸技术的发展, 为直接使用较大断面的连铸钢坯, 轧制速度有进一步增长的趋势。

摩根公司 80 年代中期研制的高精度轧机是高速线材轧机的又一突破。该高精度轧机是在精轧机后面的水冷段之间或夹送辊之前再增加一对或两对轧机。轧机型式如同现在的精轧机, 是顶交 45°。原精轧机将轧制断面放大, 高精度轧机再精轧减径, 每两道次减径 1mm 左右。既可提高轧制速度又可提高轧件精度。

高精度轧机生产的成品尺寸精度皆可达到 $\pm 0.15\text{mm}$ 。由于高精度轧机置于水冷区之后, 轧制温度低 (在奥氏体、铁素体两相区), 可以收到形变热处理的效果, 能改善线材的力学性能。

高精度轧机与精轧之间没有活套, 由电控保持拉钢率为 2%。西班牙埃斯特凡·奥贝戈索公司于 1991 年采用了这项技术, 增加了一对高精度轧机将轧制速度由 65m/s 提高到了 100m/s。

1.2.2.2 坯重与盘重

盘重是线材轧机的基本工艺参数之一。当成品轧制速度为 43m/s 时, 盘重通常为 600 kg 左右。当轧制速度提高到 50~75m/s 时, 盘重可增大到 1000~2000kg, 个别的甚至达到 2500kg。因此, 盘重随轧制速度的提高而迅速增加。

增加盘重就必须增加坯重。增加坯重有两种方法, 即增加坯料长度或增大坯料断面。这又导致加热炉、轧钢机等主要生产环节的变化, 如钢坯过长, 会给坯料转运、吊卸及加热炉的设计和操作带来困难; 如钢坯断面过大, 将会增加轧机负荷或机架数量, 甚至会受到成品轧制速度的限制, 同时也引起集卷、运输、打捆等一系列辅助生产环节的相应变化。因此, 在确定盘重 (即确定坯料长度或断面) 时应统筹兼顾, 综合考虑。在轧机负荷允许且

不增加轧机架数的情况下,增加原料断面显然比增加长度经济得多。供坯工序为提高收得率及综合经济效益,正将过去的轧制供坯方式逐步改为连续铸钢供坯。限于目前的连铸技术和生产操作水平,边长小于120mm的小方坯连铸生产事故较多,且质量难以保证。因此,在增加盘重时,应首先考虑供坯工序的条件。同时,在轧制速度允许的情况下,应以考虑增大坯料断面为主。

随着连续铸钢技术的发展和轧制速度的提高,轧机采用的坯料已从原来的边长为80~100mm的方坯逐步发展到边长为110~130mm的方坯,个别轧机已采用了边长为140~150mm的方坯,为满足增大盘重的需要,坯料断面还有继续增大的趋势。

1.2.2.3 品种与质量

线材的品种按其断面形状分,有圆形、六角形、方形、螺纹圆形、扁形、梯形及Z字形等,主要是圆形和螺纹圆形。对高速线材轧机来说,几乎只生产圆形和螺纹圆形线材。其规格为 $\phi 5.5 \sim 13\text{mm}$,近年来又发展到 $\phi 14 \sim 18\text{mm}$ 。有的高速线材轧机为扩大成盘交货的大尺寸盘条,研制开发了相应的粗线成卷、冷却收集设备,成品直接从中轧或粗轧机组上轧出,盘条规格已扩大到 $\phi 22\text{mm}$ 、 $\phi 30 \sim 40\text{mm}$ 、以至 $\phi 44 \sim 60\text{mm}$ 。用户可根据需要任意截取长度,从而提高了大规格卷材的利用率,也就提高了用户的经济效益。

用于生产线材的钢种较多,有碳素结构钢、碳素钢筋钢、优质碳素结构钢、焊条用钢、碳素弹簧钢、碳素工具钢等非合金钢,还有低合金钢及合金结构钢、合金弹簧钢、滚珠轴承钢、合金工具钢、高速工具钢、不锈钢、耐蚀和耐热钢等合金钢,其中主要是非合金钢和低合金钢。

近年来,由于人们改变了粗、中轧机型式(全水平二辊式改为平一立或立一平辊交替式)及组成,并研制配备了相应的控制冷却设备,因此高速线材轧机不仅适于生产非合金钢、低合金钢线材,而且也适于生产其他的合金钢线材。

线材产品质量是对生产工艺、轧制设备、自动控制系统和工人的操作调整水平等方面的全面检验,也是线材生产最终成果的综合反映。

线材产品质量包括外形、尺寸精度、表面质量、化学成分、金相组织及力学性能几个方面的内容。随着生产技术的发展,用户对产品质量提出越来越高的要求。正是这些日益增长的要求,促进了线材轧制技术及装备的发展。

提高线材外形和尺寸精度具有重大经济意义,一方面能减小超差废品,提高线材收得率;另一方面,可为金属制品提供优质原料,提高拉丝效率和拉模寿命,减少拉拔道次及动力消耗。

据资料报导, $\phi 5.5\text{mm}$ 线材的尺寸精度可达 $\pm 0.1\text{mm}$,个别的甚至可达 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

线材表面不得有裂缝、折叠、结疤、夹层等缺陷,允许有轻微的划痕。对冷镦、高碳钢丝和琴钢丝用线材,表面质量要求更加严格,一般必须作酸洗检查。

含碳量在0.3%以上的线材,应严格控制其表面脱碳,否则脱碳后的线材表面变软,疲劳强度降低。

热轧线材表面生成一定量的氧化铁皮,拔丝前应除去。为易于清除氧化铁皮,希望氧化铁皮生成量尽量少,其组成中不溶于酸的 Fe_3O_4 比例要低。

为解决上述线材表面质量问题,高速轧机线材生产线不断改进,在各个生产环节上采取了一系列的技术措施:原料在加热前进行严格检查,并对表面缺陷进行清理,避免原料

表面缺陷带到产品表面上去；原料在加热过程中严格按照加热制度进行控制，减少一次氧化铁皮和脱碳；在工艺上采用单线无扭轧制，完善的孔型系统、合理的延伸分配和滚式导卫装置，避免线材产生折叠、耳子和划痕等缺陷；轧出线材采用快速水冷和散卷控制冷却新工艺，使线材表面形成薄和易于清除的二次氧化铁皮及轻微的二次脱碳层。

当线材的化学成分一定时，轧制工艺及冷却工艺对其金相组织和力学性能有着重要的影响。

为适应不同钢种的冷却工艺，近年来研制出了各种各样的控制冷却新设备，并成功地用于高速线材轧机。经过控制冷却的线材，得到微观组织十分均匀，晶粒细小的组织结构，从而进一步提高了线材的综合力学性能。

1.2.2.4 主轧机机型

高速线材轧机的轧制速度、成品盘重和坯料断面在不断增大，对半成品和成品尺寸精度的要求在不断提高，为此，除了在工艺上更完善外，在粗、中、精轧机机型方面，出现了一系列与其相适应的进展。

国外高速线材轧机粗轧机类型较多，据资料报导，有摆锻式轧机、三辊行星轧机（简称PSW轧机）、三辊式Y型轧机、45°轧机、平—立辊交替布置的二辊轧机、紧凑式二辊轧机和水平二辊式粗轧机等机型。

中轧机（包括预精轧机组）机型也比较多，主要有三辊式Y型轧机、45°无扭轧机、水平二辊式轧机、双支点平—立交替布置的无扭轧机、悬臂平—立辊交替布置的无扭轧机五种。

有关精轧机机型在前面已经介绍，在表1-4中仅对世界上建设最多的摩根型和德马克型45°无扭轧机进行比较。

表 1-4 摩根型和德马克型 45°无扭精轧机组综合比较

序号	比较项目	摩根型	德马克型
1	轧制速度, m/s	75~102	75~100
2	机组的机架数量, 架	10	10
3	相邻两架间距, mm	635~700	800
4	辊环直径, mm	φ210×(2~4)+φ152×(6~8)	φ210×10
5	辊环材质	碳化钨	碳化钨
6	辊环孔槽数量, 个	前7架为2, 后3架为4	2
7	每个孔槽寿命, t	800~1000	900~1200
8	主传动电机, kW	2×1650 2×1950	2×1400 2×1750
9	辊轴传动方式	无接轴直接传动	无接轴直接传动
10	轧辊径向调整方式, 调整量, mm	偏心套机构, 16	连杆摇臂楔形机构, 20
11	轴向调整方式	轧线固定无调整	轧线固定无调整
12	轴承类型	油膜轴承	滚动轴承
13	辊环固定方式	径向压紧, 有切向拉应力	轴向压紧, 有轴向拉应力
14	变速方式	螺旋伞齿轮	圆柱斜齿轮