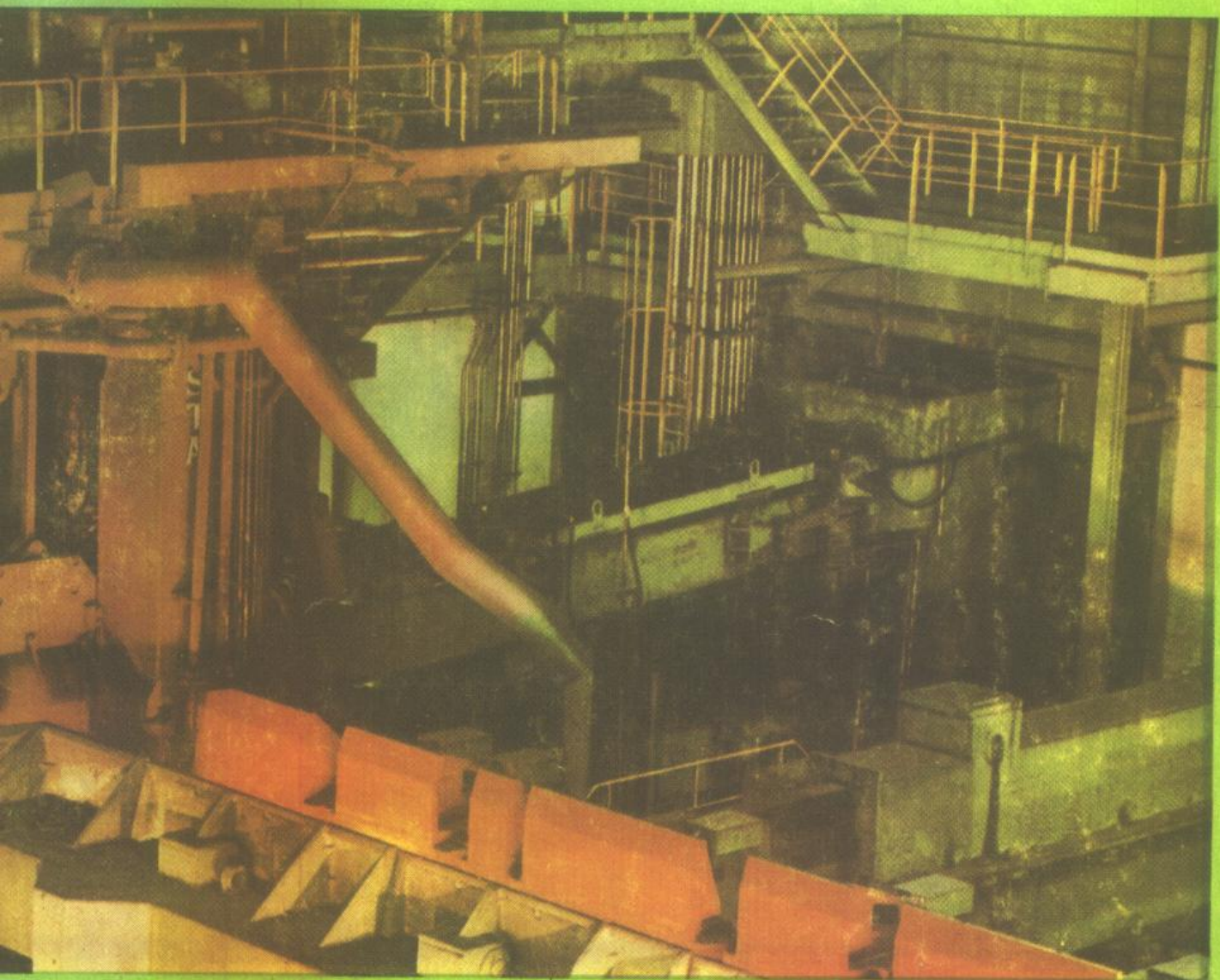




初轧机自动化与最佳化

赵 家 骏 编

上 海 科 学 技 术 出 版 社

初轧机自动化与最佳化

赵家骏 编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书从初轧生产工艺观点介绍了初轧机挖潜增产的途径和均热、初轧、精整等主要工序的计算机控制系统。在分析初轧过程工艺特点的基础上,研制了轧制过程的数学模型,特别是通过 1300 初轧机的生产试验,用相关分析和回归分析方法建立了稳定轧制过程和动态过程的统计数学模型。探讨了轧制规程最佳化的有效方法和制定了最佳轧制规程的合理计算方法,并列出了计算实例。本书还介绍了制定主电机和压下机构等设备参数最佳化的方法。

本书可供从事初轧车间管理和自动控制的技术人员以及初轧机设计人员和大专院校的轧钢专业师生参考。

初 轧 机 自 动 化 与 最 佳 化

赵 家 骏 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092.1/16 印张 17 字数 411,000

1982 年 2 月第 1 版 1982 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—2,500

统一书号: 15119·2146 定价: (科五) 1.80 元

前 言

从炼钢厂炼出来的钢锭,绝大部分都由初轧机和成品轧机轧制成不同的型钢、钢轨、钢管、板带和其他轧材。在轧钢生产过程中,初轧机生产起着重要的作用。

目前,世界各国在发展连续铸钢的同时,仍在新建高效率的大型方坯初轧机、板坯初轧机和万能板坯初轧机。近十多年来,世界上新建的大型初轧机近 70 台。

为了适应钢材不断增长的需要,扩大开坯能力不仅取决于新建和改建大型初轧机,而且还取决于现有轧机的挖潜增产,轧机结构、工作制度的最佳化和自动化。

目前,对于大型初轧机最重要、最迫切的任务是:

使整个初轧生产工艺过程自动化;

研制初轧机轧制过程的数学模型(理论的或统计的);

制定轧制规程最佳化的有效方法;

建立最佳轧制规程的合理计算方法;

制定设备的基本参数、主电机功率和参数、辅助机构速度等的最佳化方法。

解决了这些任务就能挖掘新的生产潜力,提高大型初轧机的生产能力和技术经济指标。

在编写初轧机最佳化各章中,蒋惠明同志提供了很多资料,特此感谢。

由于学习和实践不够,本书缺点和错误在所难免,希望读者批评指正。

编 者

1980 年 12 月

目 录

第一章 初轧机现状	1
第一节 初轧机发展概况	1
一、初轧机分类.....	1
二、各国初轧机状况.....	2
三、大型初轧机的发展特点.....	7
第二节 初轧机与连铸机.....	10
一、连铸技术状况	10
二、初轧机与连铸机的关系	14
第二章 初轧生产.....	15
第一节 概述.....	15
一、初轧车间的平面布置	15
二、钢坯种类	20
三、钢锭	21
第二节 均热.....	26
一、均热炉型式	27
二、均热炉操作	31
第三节 初轧.....	45
一、初轧机	45
二、初轧工艺特点	49
第四节 钢坯精整.....	55
一、钢坯切断	55
二、钢坯热清理	57
三、钢坯冷却	61
四、钢坯冷清理	63
第五节 钢坯连轧.....	69
一、1300 方板坯初轧机的钢坯连轧机	71
二、连轧方坯的孔型及导卫装置	72
三、连轧控制	74
第六节 初轧机挖潜增产.....	77
一、提高均热炉能力	77
二、改进轧制工艺和设备	80
三、提高初轧收得率	83
四、节省能源	87
五、提高初轧机自动控制的水平	96
第三章 初轧机自动化.....	97
第一节 概述.....	97

一、计算机控制方式	97
二、初轧机控制系统	103
第二节 均热炉计算机控制	105
一、装、出炉控制系统	105
二、钢锭烧成时刻预测系统	108
三、1300 方板坯初轧机均热炉控制系统	110
四、均热炉最佳燃烧控制	114
五、均热炉空燃比自动控制	116
六、均热炉 DDC 系统(直接数字控制——Direct Digital Control)	117
第三节 初轧机控制	120
一、轧机的自动运转方式	120
二、1300 方板坯初轧机的自动控制	123
三、万能板坯初轧机的自动运转装置(DDC)	124
第四节 辅助设备计算机控制	133
一、运锭车控制	133
二、剪断机控制系统	136
三、长度测量系统	136
四、方坯剪切的计算机控制——最佳剪切控制	136
五、热板坯探伤的电视系统	139
六、钢坯冷清理的计算机控制	142
七、方坯初轧机的自动称量测定系统	143
第四章 初轧机轧制过程的数学模型	145
第一节 数学模型概述	145
一、现象与数学模型	145
二、数学模型的建立	146
三、最佳化方法	150
第二节 初轧过程的数学模型	152
一、过渡阶段和稳定轧制阶段的力能参数	153
二、轧制过程的不对称性	167
三、钢锭的咬入和抛出条件	177
四、间隙时间	183
五、预压钢锭尾部	186
第三节 轧制规程	188
一、压下制度	188
二、速度制度	192
三、轧制规程指标	198
第五章 初轧机轧制规程最佳化	201
第一节 最佳轧制规程的选择方法和顺序	202
一、选择解析方法	202
二、解析顺序	205
第二节 速度制度最佳化	205
一、咬入速度与抛钢速度的合理关系	206
二、翻钢道次的抛钢速度	209

三、加速度和减速度的合理关系·····	211
四、间隙时间与速度制度参数的最佳关系·····	213
第三节 压下制度最佳化·····	213
一、道次压下量的合理分配·····	213
二、最佳道次数·····	220
第四节 由最佳间隙计算的轧制规程最佳化·····	224
一、开始轧制阶段的一个道次·····	224
二、最后轧制阶段的一个道次·····	225
三、研究 1300 初轧机的最佳轧制规程·····	227
第五节 最佳轧制规程的计算方法·····	227
一、轧制规程允许方案的编制和计算·····	228
二、选择符合 $M_{KB} = M_{KB\cdot s}$ 的轧制规程方案·····	228
三、选择轧制规程最佳方案·····	229
四、最佳轧制规程计算程序·····	230
五、用电子计算机计算最佳轧制规程·····	231
六、对于给定压下制度的最佳速度制度方案的区域·····	231
第六节 最佳轧制规程计算实例·····	233
第六章 主电机和压下机构参数的最佳化·····	236
第一节 主电机功率和最佳参数的确定·····	236
一、对初轧机电气传动装置的基本要求·····	236
二、确定主电机功率的一般方法·····	239
三、确定主电机功率和最佳参数的方法·····	240
四、主电机功率和最佳参数的计算程序·····	245
五、用电子计算机来计算主电机功率和最佳参数·····	246
六、主电机功率和最佳参数的计算实例·····	247
第二节 压下机构参数的最佳化·····	248
一、压下机构基本参数的选择·····	248
二、选择压下机构的最佳速度·····	256
附录·····	258
1. 轧制规程计算流程框图·····	258
2. 轧制规程最佳方案计算流程框图·····	259
3. 轧制规程与相应的主电机最佳方案计算框图·····	260
4. 最佳轧制规程与相应的主电机方案计算框图·····	261
5. 构成轧制规程方案计算流程框图·····	262
参考文献·····	263

第一章 初轧机现状

第一节 初轧机发展概况

世界上第一台初轧机于 1866 年建于英国,距今已有一百多年的历史。这台初轧机是三辊式的(有 3~4 个孔型),它将 6 英寸的钢锭轧制成生产钢轨用的钢坯。目前,全世界大约已有四百多台初轧机。

一、初轧机分类

按轧辊尺寸和生产能力不同,初轧机可分大、中、小型三类(表 1-1)。

表 1-1 初轧机的轧辊尺寸

类 型	轧辊直径 (毫 米)	主电机功率 (千 瓦)	锭 重 (吨)	产 品 (毫 米)	年 产 量 (万 吨)	备 注
大 型	1100~1370	2×2940~ 2×5145	7~40 以上	300×300~ 400×400 180~350× 2400~600× 2400(特厚板)	500~600	最大轧辊直径 1500 毫米
中 型	900~1000	4410~5145	3~7	150 ² 以上	80~300	
小 型	750~850	2205~2940	1~4.5	100 ² 以下	40~80	

按轧制钢坯品种不同,初轧机可分为以下三类(表 1-2)。

万能板坯初轧机主要用来轧制板坯,生产时由于减少了立轧和翻钢道次,因而节省了轧制时间,产量比方板坯初轧机高,且板坯边部质量好,宽度公差小。当万能板坯初轧机轧制;方坯时需采取一些措施,如立辊放在机后(采用 HV 型式);机后设翻钢机;轧辊开有孔型在立辊侧的推床侧导板上增设可回转的延长导板。

万能板坯初轧机的立辊布置有两种型式:立辊布置在水平辊之前(VH 型式)和在水平辊之后(HV 型式)。当 HV 型布置时,轧出的板坯宽度公差小,尺寸精确,减少后道工序的事故(板坯在连续式加热炉中的翻炉事故),成品率和产量高,适合于规格少(特别是板坯宽度规格)、批量大的板坯生产。其缺点是:①对于多品种、多规格的板坯生产会增加铸锭的工作量;②因大部分钢锭只用水平辊立轧一次,然后用立辊轧边,故氧化铁皮清除不够干净,需有高压水除鳞装置;③操作台在机后,操作不便。

当 VH 型布置时,其优缺点恰好相反。因为钢锭立轧道次多,可以用一种钢锭轧制多种不同宽度的板坯,适用于多品种生产。同时,氧化铁皮清除较干净,工艺操作方便。其缺点是:产量较低;宽度公差较大和金属消耗较高(因立轧道次多而使板坯端部的鱼尾增大)。

初轧机发展大致经历了三个阶段(列于表 1-3)。

表 1-2 初轧机的类型

项 目	类 型		
	方 坯 初 轧 机	方坯-板坯初轧机	万能板坯初轧机
型 式	二 辊 可 逆 式	二 辊 可 逆 式	水平辊 二辊可逆式 立 辊
轧 辊 直 径 (毫 米)	750~1370	850~1370	水平辊: 1145~1370 立 辊: 950~1050
轧 制 锭 重 (吨)	1.5~13.5	2~25 以上	12~56(最大 70)
钢 坯 规 格 (毫 米)	80×80~400×400 方坯 以及相应断面的扁坯和异形 坯。 250 ² 以上钢坯由 1150 轧 机轧出。 100 ² 以下钢坯由钢坯连轧 机轧出	方坯尺寸同左, 板坯: 75~250×400~1950	板坯: 75~300(最大达 ~600) ×500~2350
产 品 质 量		板坯边角形状不良, 宽度 公差为 ± 20 毫米	板坯边角平直, 质量好, 宽度公差可达 ± 5 毫米
上辊最大提升高度 (开口度) (毫 米)	1000~1600	2100~2500	取决于带钢宽度
年 产 量 (万 吨)	20~300(400)	30~450	200~600
备 注		适合于多品种的要求, 应 用较广, 但孔型布置不够合 理, 影响生产率的提高	轧板坯时操作顺利, 容易 实现自动控制。 立辊可布置在水平辊之 前(VH)或之后(HV)

表 1-3 初轧机发展的三个阶段

	年 代	轧辊直径 (毫米)	主电机容量 (千瓦)	钢锭单重 (吨)	年 产 量 (万吨)	控制水平
第 一 代	1866~1945	<1000		2~10	100	人 工
第 二 代	1945~1960	1000~1200	2×4500	12~25	200	基本上人工控制
第 三 代	1960 年以后	1300 以上	2×6700	40 以上	500~600	自动控制

二、各国初轧机状况

我国大型初轧机具有一定的生产水平, 某些技术经济指标如作业率、机时产量等与国外相比是比较先进的, 但是, 在初轧机自动化方面还有很大差距。随着我国实现四个现代化的进展, 一定会赶上和超过世界先进水平。

1960 年以后, 全世界共建造了将近 70 台大型初轧机。由于对板材需要量的不断增加, 因此在新建的初轧机中以万能板坯初轧机为最多, 其次是大开口度方板坯初轧机, 方坯初轧机建得很少。在各国新建的数量方面, 日本居首位。

美国拥有近 130 台初轧机,其中有 10 台万能板坯初轧机,1000 毫米以上的大型初轧机约 70 台,多数为方板坯初轧机,并有 16 台初轧机带有连续式钢坯轧机。包括连铸机在内,其成坯总能力约 1.64 亿吨/年。

美国八大钢铁公司拥有的初轧机及连铸机情况见表 1-4。其钢产量及成坯能力占全国 75% 左右。

表 1-4 美国八大钢铁公司的初轧机及连铸机(万吨/年)

序号	公 司 名 称	工厂数	初 轧 机		连铸机能力	74 年实际产量
			台 数	能 力		
1	美国钢铁公司	28	23	3528	339	3080
2	伯利恒钢铁公司	5	16	2533	120	2020
3	共和国钢铁公司	14	11	1288	90	960
4	国家钢铁公司	5	4	1000	80	960
5	阿姆科钢铁公司	10	7	914	100	810
6	琼斯-劳林钢铁公司	14	5	804	50	730
7	内陆钢铁公司	2	4	835	120	730
8	杨斯敦薄板和钢管公司	3	5	810	不详	540
	合 计	81	75	11712	899	9830

总的说来,美国初轧机的总能力大,可轧制的品种规格多,但早期建造的初轧机较多,又由于近期钢铁工业发展停滞,故在大型化、自动化等方面不如日本,但是日本和西欧所建的大型初轧机仍在不同程度上采用美国的技术和装备。

苏联现有初轧机 50 多台。1961~1971 年共投产了 10 台 1100 毫米以上的大型初轧机,除西西伯利亚 1300 初轧机外,还有车里雅宾斯克和克里沃罗格年产 600 万吨的 1300 初轧机。苏联在新建初轧机的同时,对一些老初轧机进行改造,六十年代,仅挖潜改造就使初轧机年产量增加了 500 万吨。苏联的初轧机采用了一系列强化轧制的措施,主要是加大主电机的额定功率和降低转数,因此提高了额定力矩,即加大压下量,缩短轧制周期。

西德在二次世界大战后钢铁工业迅速恢复和发展,1974 年钢产量为 5323 万吨,占世界第四位。西德现有初轧机约 40 台,生产能力为 4900 万吨/年。其中,六十年代后新建的初轧机共 12 台,生产能力约 2700 万吨/年。七十年代以来,西德连铸能力迅速增长,因此新建的初轧机不多。在 12 台初轧机中,方坯和方板坯初轧机共 9 台,不少初轧机带有钢坯连轧机。

西德国内建设的初轧机在设备的大型化、装备水平以及生产能力来看,都不是当前最先进的。例如,西德多数初轧机用 30 吨以下的钢锭进行轧制,轧机能力为 200~300 万吨/年,而世界上先进水平为 400~600 万吨/年。在自动控制方面,西德只有少数几台初轧机采用计算机控制。但是,西德是一个轧钢机械输出的国家。六十年代以来曾为比利时、印度、罗马尼亚、西班牙、荷兰等国建造过大型初轧机。

1966 年以来新建的大型初轧机技术性能见表 1-5。

在发展大型初轧机的同时,五十年代末期还出现了板坯-厚板复合式轧机。最早是加拿大阿尔贡玛厂(Algoma)的 1168×2895 毫米复合式轧机,用来轧制板坯、方坯、异形坯、管坯以及钢板等品种,但轧制品种主要是板坯和钢板,当轧制板坯时,轧机为二辊式,当轧制钢板时,轧机为四辊式。这种轧机一般均设有均热炉、连续式加热炉或车底式炉等,年产量在 100~130 万吨左右。复合式轧机的技术性能如表 1-6 所示。

表 1-5 1966 年以来国外新建的大型初轧机技术性能

公司及厂名	轧机名称	投产年份	生产能力 (万吨/年)	最大锭重 (吨)	产品尺寸 (毫米)	轧辊尺寸: 辊径×辊身长(毫米)		主传动功率(千瓦)		制造厂	备注
						水平辊	立 辊	水平辊	立 辊		
日本钢管公司 福山钢厂一初轧	1170 万能板坯 初轧机 (HV)	1966	300	30	板坯: 宽<1950 厚90~500	1170×2285	965×2130	2250×2×2	1500×2	(美) 勃洛· 诺斯和日立	CPC计算机控制
川崎钢铁公司 水岛钢厂一初轧	1350 方板坯初 轧机 (大开口度 +连轧)	1966	200	25	方坯: 250×300 板坯: 300×1900	1350×3400		4000×2		日立	
住友金属公司 和歌山钢厂	1330 万能板坯 初轧机 (HV)	1966	480 (700)	33	板坯: 100~300 ×690~1925	1330×2300	1040×2200	6000×2	3750×1	(西德)扎克 和石川岛播磨	设计产量 700 万吨/年
新日铁公司 堺钢厂	1200 万能板坯 初轧机 (VH)	1967	480	18	板坯宽 <1500	1200×1800	940×1600	4500×2	3000×1	(美)梅斯塔 和三菱	计算机控制
日新制钢公司 吴钢厂	1280 万能板坯 初轧机 (HV)	1968	240	18	板坯宽 <1840	1280×2440	1020×2210	4500×2	3000×1	(美) 勃洛· 诺斯和日立	
新日铁公司 君津钢厂一初轧	1300 万能板坯 初轧机 (HV)	1968	500	40	板坯宽 <2250 厚 100~600	1300×2800	1040×2400	6700×2	3750×1	石川岛播磨	APC计算机控制
新日铁公司 名古屋二初轧	1300 万能板坯 初轧机 (VH)	1969	480	40	板坯宽 <2400	1300×2800	1000×2500	5600×2	3000×1	(美) 勃洛· 诺斯和日立	前推床上有延伸导板, 实现了万能轧机轧方 坯
川崎钢铁公司 水岛钢厂二初轧	1300 万能板坯 初轧机 (HV)	1969	540	40	板坯宽 <2200	1300×2800	1050×2280	5000×2	3500×1	(美)梅斯塔 和(西德)扎克	
日本钢管公司 福山钢厂二初轧	1350 方板坯初 轧机 (大开口度 +连轧)	1969	240	40	板坯宽 <1950	1350×3400	(二期加立辊)	5600×2		(美) 勃洛· 诺斯和日立	1972年3月加立辊,成 为万能方板坯初轧机, 设计时在水平机架前预 留立辊位置
住友金属公司 和歌山钢厂二初 轧	1270 方板坯初 轧机 (二列+连 轧)	1969	130 (初期)	10		No. 1: 1270×2800 No. 2: 1150×2800		No. 1: 3750×2 No. 2: 2250×2			
神户制钢公司 加古川钢厂一初轧	1350 万能板坯 初轧机 (VH)	1970	500	40	板坯: 90~300× 650~2100 大方坯: 300~450方 小方坯: 175~230方 圆坯: φ250~370	1350×2800	1040×2400	5600×2	3000×1	(美) 勃洛· 诺斯和日立	万能板坯初轧机可生 产方坯。计算机控制
神户制钢公司 加古川钢厂二初 轧	1150 方坯初轧 机 (方坯+连轧)	1970				1150×2300		2250×2			

日

本

(续表)

公司 及 厂 名	轧 机 名 称	投产 年份	生产 能力 (万吨/ 年)	最大锭重 (吨)	产品尺寸 (毫米)	轧辊尺寸: 辊径×辊身長(毫米)		主传动功率(千瓦)		制 造 厂	备 注
						水平辊	立 辊	水平辊	立 辊		
日 本	新日铁公司 君津钢厂二初轧	1971	300	21	异形坯,大方坯 φ80~185 板坯,圆坯 φ100~165	1300×2700 二台		3500×2 二台		(美)梅斯塔 和石川岛播磨	
	住友金属公司 鹿岛钢厂	1971	600	40	板坯宽<2300 厚80~500	1300×2800	1040×2500	6700×2	3000×1	石川岛播磨	计算机控制
	日本钢管公司 福山钢厂三初轧	1973	350	27	板坯:135~500× 700~1600 方坯:230~500× 230~700	1350×3100		5600×2			设计时预留立辊位置, 成为万能式方坯坯初轧 机
	日本钢管公司 扇岛钢厂	1976 (一期)	(180) 最大 600	扁锭 47 方锭 7~ 16.5	板坯: 宽 600~2300 厚 100~500 方圆坯:130~370	1350×2800 960×2800 850×1350	1000×2700 850×1350				万能板坯初轧,方坯粗 轧,预留连铸方坯加热 炉
美 国	阿姆科钢铁公 司 米德尔城初轧厂	1968	480	32	板坯:宽 2080 厚 152~254	1220×2440	1020×2060	4500×2	2440×1	梅斯塔	计算机控制
	福特公司 迪尔伯恩初轧厂	1969	430	50	板坯:宽 2000	1230×2290	1020×2140	4500×2	3300×1	勃洛·诺斯	初轧机用手动、半自 动、全自动三种方式操 作
	伯利恒钢铁公 司 伯恩斯港初轧厂	1969	400	43~54	板坯:宽 1930 厚 102~610	1270×2060	1020×2060	5150×2	3670×1	梅斯塔	
	贝斯林初轧厂	1970	430	36	板坯:宽 1930	1270×2060	1020×2060	4500×2	3300×1	梅斯塔	
苏 联	卡拉干达冶金厂	1966	500	28	板坯:宽700~1550 厚 100~230	1150×2100	900×2000	3300×2×2	2300×2	新克拉马托 尔斯克机器厂	轧机用自动控制
	西西伯利亚厂	1969	600	13.5	大方坯: 300~370 方 板坯:宽700~1000 厚 100~200	1300×2800		6800×2		乌拉尔重机 厂	
西 德	下塔吉尔厂	1974				1500×3500					
	都得兰日厂	1969			方坯:200 方	1200×2800					
	西德特殊钢厂	1969			方坯:370 方	1200×2300					

(续表)

公司及厂名	轧机名称	投产年份	生产能力 (万吨/年)	最大锭重 (吨)	产品尺寸 (毫米)	轧辊尺寸: 辊径×辊身长(毫米)		主传动功率(千瓦)		制造厂	备注
						水平辊	立辊	水平辊	立辊		
英 国	曼斯菲尔德厂 1230 万能板坯 初轧机(VH)	1969	430	45	板坯: 宽660~2200 厚100~610	1230×2290	1020×2060	4500×2	3300×1	(美) 勃洛· 诺斯	
国	斯堪索波厂 1400/1200 双 机架初轧机(二 列+连轧)	1972	330		方坯: 230~280 方 圆坯:	1400×2570 1200×2210		19500		戴维	
法 国	萨西罗尔厂 1370 方板坯初 轧机	1967		14	方坯: 205 方 板坯: 宽810~1065 厚100~150	1370×3150		5600×1		(美) 梅斯塔 和卡弗尔	
意 大 利	意大利钢铁公 司 1270 板坯初轧 机	1970			板坯: 宽630~2080 厚150~500	1270×2440				(西德) 德马 京和(美) 梅斯 塔	
加 拿 大	德法斯柯厂 1370 万能板坯 初轧机(VH)	1971	300	30		1370×2235		2220×2	2980×1	(西德) 扎克	计算机控制
荷 兰	艾莫伊登厂 1370 万能板坯 初轧机(VH)	1969	500~ 600	45	板坯: 宽2135 厚225~610	1370×2550	1220×2750	5200×2	4050×1	(美) 梅斯塔 和(西德) 扎克	
兰	皇家钢铁公司 初轧厂 1370 万能板坯 初轧机	1970	500	45	板坯: 宽1930	1370×2800	1220×2750	2580×2×2	4050×1	扎克(西德)	
印 度	波卡罗初轧厂 1250 万能板坯 初轧机(HV)	1969	600	38	板坯: 宽1850 厚150~300	1250×2400	1000×2300	6700×2	2000×2	新克拉马托 尔斯克机器厂 (苏)	
罗 马 尼 亚	加拉兹初轧厂 1150 万能板坯 初轧机(HV)	1966	470	28	板坯: 宽1600 厚100~300	1150×2150	900×1950	6450×2	2000×2	新克拉马托 尔斯克机器厂 (苏)	
波 兰	洪尼多阿拉厂 1350 方板坯初 轧机(大开力度 +连轧)	1968	300	10	方坯: 200~400 方 板坯: 宽900	1350×3000		6780×2		(西德) 施勒 曼	
捷 克	诺瓦胡塔初轧 厂 1150 万能板坯 初轧机(HV)	1966	470	28	板坯: 宽1550 厚130~230	1150×2300	900×1950	6600×2	2300×2	新克拉马托 尔斯克机器厂 (苏)	
马 里	维特可维茨初 轧厂 1150 万能板坯 初轧机(HV)	1968	450	28	板坯: 宽1600	1150×2100	900×1950	6000×2	2300×2	斯柯达	
	蒂姆冶金公司 根特厂 1230 万能板坯 初轧机(VH)	1971	500	32	板坯: 宽2030 厚150~250	1230×2240					

表 1-6 钢坯-钢板复合式轧机技术性能

主要参数	国 家 及 厂 名													
	加 拿 大 阿尔戈马 钢铁公司		美 国 阿姆科-设 菲尔德分公司		日 本 住友金属公司 和歌山钢厂		南非联邦 依斯科公司		美 国 杰索普钢铁 公司		美 国 西克洛普钢铁 公司		西 德 博亨钢铁 公司	
轧机型式	二辊	四辊	二辊	四辊	二辊	四辊	二辊	四辊	二辊	四辊	二辊	四辊	二辊	四辊
轧辊辊身长度 (毫米)	2895	2895	3050	4060	3000	4300	3050	3050	2800	2800	2300	2300	3100	3050
工作辊直径 (毫米)	1168	965	1170	980	1230	1000	1260	1020	960	700	965	915	1290	1010
支承辊直径 (毫米)	—	1346	—	1520	—	1800	—	1630	—	1280	—	1370	—	1530
上 辊 行 程 (毫米)			1825	380	1700	550	1620	490						
轧制压力 (吨)			5500		3000	4000	2000	3200						
主机机功率 (千瓦)	2950×2		4500×2		3680×2		4500×2		4750		5300		4200×2	
转 速 (转/分)	40~80				40~80		40~100							
剪切机剪切力 (吨)	1360				660/1320/ 2000		1730							
剪刀宽度 (毫米)	2800				2100		2100							
钢锭重量 (吨)	23.0		9.5~15		25.0		19							
板坯规格 (毫米)	260×1520				250×1650		100~356× 1290		100×100~ 125×125		100×100~ 125×125		127×1610	
钢板厚度 (毫米)	6.4~76		6.8~32.4		6~150		4.76~152.4		4.75		4.75		4.75	
钢板宽度 (毫米)	760~2740				1200~4000		915~2290		2540		1300		2700	
年 产 量 (板坯+钢板) (万吨)	30				100+30		100+30							
制 造 厂			梅 斯 塔		石 川 岛		石 川 岛							

这类轧机的特点是:基建投资少,生产品种灵活,钢坯与钢板的产量可以调整,适合小批量生产。在产量不大而需解决品种的情况下,采用这类轧机更有其优越性,因此,在一些中、小国家(如南非联邦、南斯拉夫等)或在一些中小型钢铁企业里采用复合式轧机(图 1-1)。

三、大型初轧机的发展特点

1. 大型化

随着造船、桥梁、建筑、汽车等工业的发展,使宽带钢轧机和厚板轧机迅速发展,因此,现着重发展万能板坯初轧机。轧机的辊径达 1370 毫米(实际上有加大到 1400~1500 毫米的趋势),辊身长度达 3400 毫米(日本福山二初轧);主电机功率大,采用 2×6700 千瓦;钢锭重量大,单锭轧制达 60 吨(日本名古屋厂预留 70 吨),双锭轧制一般为 22~35 吨,最大达

50 吨; 轧机产量高, 最高达 500~600 万吨/年。

2. 精整在线化

传统的精整方式, 即钢坯“堆放→冷却→清理”方式已不能满足大型初轧机的生产要求, 它需要一个很大的堆放和处理场地, 因此要求厂房大、人员多且体力劳动强度大, 它又不能进行连续生产, 不能形成生产流水线, 钢坯需要的冷却时间长(即周转期长), 而且经常因精整线堵塞而影响初轧机生产。

因此, 近十几年来大型初轧机的精整系统已采取了下列改进措施:

- (1) 广泛采用在线热火焰清理机;
- (2) 采用钢坯水冷装置;
- (3) 采用冷钢坯火焰清理机, 解决热清理中尚未解决的缺陷。

这样, 不仅提高了劳动生产率, 而且节省了精整场地的面积(表 1-7)。

3. 自动化

初轧机由采用程序控制发展到计算机在线控制, 特别是近期发展到从均热炉开始到轧制、精整、冷却的在线控制和信息处理, 以及整个车间生产调度及管理系统均由电子计算机自动控制。

近十多年来先后有九个国家 20 台大型初轧机投产, 其中实现自动控制的有 12 台, 占 60%, 20 台初轧机中有万能板坯轧机 14 台, 其中 10 台已实现自动化, 占 72%。

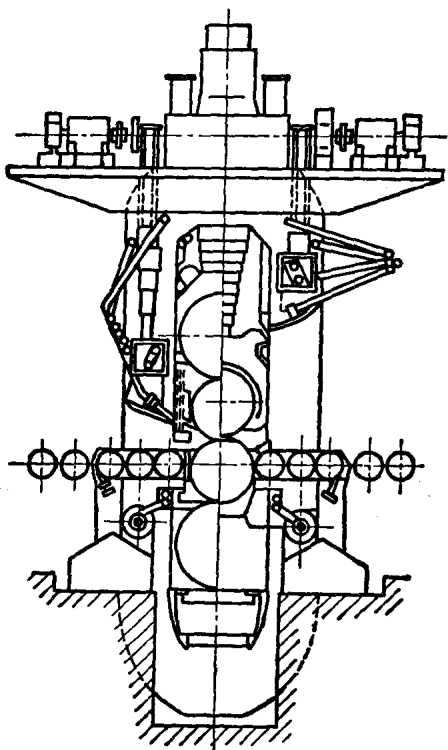


图 1-1 板坯-钢板联合初轧机

表 1-7 日新制钢公司吴钢厂 1168 初轧机改造前后两种精整方式占地比较

精 整 方 式	每吨钢坯用地 (米 ²)	占 地 (20 万吨/月) (米 ²)
水 浸 冷 却 机	0.02	4000
堆 放 喷 水	0.70	14000

采用计算机控制的效果是:

(1) 增加均热炉产量, 提高初轧机产量 日本堺厂板坯初轧机用计算机控制, 使均热炉生产能力提高 10% 左右; 罗马尼亚的洪尼多阿拉钢厂 1350 方板坯初轧机采用计算机控制后, 由于间隙时间减少, 轧机增产 10%, 同时操作人员不需要很长的熟练过程, 投产数月后即可达到计划产量;

(2) 减少燃料、原料、电力及其他动力消耗, 降低成本约 3%;

(3) 提高板坯尺寸精度 日本堺厂其板坯厚度公差可控制在 ± 3 毫米, 宽度公差为 ± 5 毫米;

(4) 减少人员。据介绍, 初轧机采用计算机控制后, 操作人员总数可减少 10%, 且能

改善操作条件。

4. 工艺改进

(1) 双锭轧制 为了提高初轧机能力,大型初轧机普遍采用双锭轧制,这样能提高生产率 40~50%,同时还在研究三锭串列轧制的所谓“三轧法”,其生产率还能提高 10%。还有在初轧机上同时平行轧两根钢锭的所谓“平行轧制法”。一种较现实的“平轧法”也正在作进一步研究,即不翻钢,取消立轧道次可大大缩短轧制周期,又有利于初轧机的维护。但是必须解决如何去除氧化铁皮问题。

(2) 采用低速度大压下量轧制 大型初轧机主电机容量采用 2×6700 千瓦(水平辊)和 1×3700 千瓦(立辊),转速大多为 35/70 转/分和 40/80 转/分,最大轧制力矩可达 330 吨·米。

采用增加主电机容量和降低转速的方法来提高主电机额定力矩。这是因为钢锭重量增加而长度增加不多,轧制时很少超过额定转速,若提高轧制速度,使电机逆转时间增加,道次间隙时间增加,同时咬入能力又减小,这样就失去了高速轧制的作用。一般情况下,纯轧时间只占总轧制时间的 30~40%,因此,保持主电机功率不变而降低额定转速,能采用较大的压下量,可减少轧制道次和提高轧机能力。

图 1-2 示出两个电机的额定力矩和功率。转速为 0/30/60 转/分,功率为 5145 千瓦的主电机比转速为 0/40/80 转/分,功率为 5880 千瓦主电机的力矩大 17%,即为 105 吨·米。如在 1350 初轧机上轧制宽度为 1500 毫米,平均变形抗力为 6 公斤/毫米² 的轧件时,允许平均每一道可以增加压下量 17.3 毫米,当轧制宽度为 2000 毫米时,压下量可增加 12.9 毫米,这样,用低转速的 5145 千瓦主电机时,理论轧制道次可减少 4 道,使初轧机能力显著地提高。

5. 设备改进

(1) 主电机采用双电枢或三电枢的单独传动方式,减小电机的回转力矩 GD^2 ,缩短逆转时间到 1 秒,以此减少间隙时间,提高轧机产量。目前,由于单电枢比双电枢经济,而且力矩放大系数较低,因此大多又采用单电枢电机,改进了电机的结构,如美国阿姆科 $\phi 1220 \times 2400$ 毫米万能板坯初轧机采用转速为 0/30/60 转/分,功率为 2×4410 千瓦的主电机。

(2) 在初轧机结构上,提高水平辊的开口度(达 2500 毫米),这样头几道在水平辊上进行立轧,破碎一次氧化铁皮,改善板坯表面质量;增加侧压量,提高板坯质量;消除钢锭锥度,而立辊轧制的主要作用是减少钢坯在水平道次中增加的展宽量,使板坯保持规定的宽度。

初轧机采用四列圆锥滚柱轴承,代替以前的胶木滑动轴瓦,节省电能 10~18%。

(3) 钢锭车很多采用钢绳牵引方式,提高送锭速度,普遍使用的速度为 5~6.4 米/秒,最大可达 9 米/秒。

(4) 采用电动式板坯剪切机可增大剪切能力,最大剪切力达 2000~3500 吨,个别可达 4000 吨。过去认为剪切力超过 2000 吨的剪切机需采用液压传动,但近年来,由于对剪切机

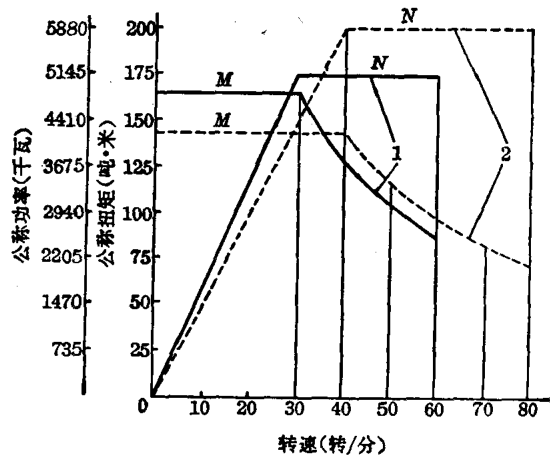


图 1-2 一台 5145 千瓦电机(0/30/60 转/分)和一台 5880 千瓦电机(0/40/80 转/分)的力矩和功率

采取了新的措施,确认电动剪切机的剪切力可达3000吨以上,且效率高(剪切次数达6~10次/分,最快可达14次/分)。因此近代投产的初轧机大多采用电动式剪切机。

另外,为了节约能源和提高收得率,正在研究液心装锭法和利用钢锭凝固潜热的初轧方法等。

第二节 初轧机与连铸机

连续铸钢是六十年代浇钢工艺的一项重大的新技术。主要特点是进行连续生产,即通过连铸机将钢水直接铸成各种断面的连铸坯,大大简化了铸锭及轧钢的生产过程。目前,连续铸钢发展迅速,并部分地替代了初轧机的工作。

连铸与一般铸锭生产相比具有一系列优点:

- (1) 可提高金属收得率(从钢水到钢材)12~15%;
- (2) 降低生产成本10%,节省基建投资30~40%;
- (3) 缩小占地面积30%以上。

连续铸锭与初轧开坯相比,具有金属消耗低、热能损失少的优越性。它从钢液到成坯的总收得率可以高达97%,在采取严格的操作和一系列新技术的情况下(如氩洗钢液、保护浇注、严格控制浇注温度等),钢的质量是好的。连续铸锭的机械化程度高,劳动条件较好,当保证一定的连铸作业率时其总投资和成本也是合算的。因而,连续铸锭具有广阔的发展前途。例如:1960年国外投产的连铸机只有34台,设计能力为165万吨,占当时钢产量的0.5%;到1970年已达到299台,生产能力为5600万吨,约占钢产量的10%。到1975年连铸机增加到650台,生产能力为1.8亿吨,预计1980年连铸钢将占世界钢产量的三分之一。表1-8列出各国的连铸产量。

表 1-8 各国的连铸产量(1977年的统计数字)

国 名	连铸坯产量 (百万吨)	连 铸 比 (%)	国 名	连铸坯产量 (百万吨)	连 铸 比 (%)
日 本	41.8	41	英 国	2.6	12.6
苏 联	12.2	8.3	加 拿 大	2.0	14.7
西 德	13.3	34	瑞 典	1.2	30.6
美 国	13.3	11.8	芬 兰	1.8	83.8
意 大 利	8.7	31.4	丹 麦	0.3	50.7
法 国	5.2	23.6	奥 地 利	1.5	37.4
西 班 牙	2.9	25.8	南 非	2.7	37.1

一、连铸技术状况

1. 自动化程度较高

从钢水预处理到铸坯精整等一条完整的流水作业线普遍采用计算机控制。能够远距离控制自动装卸引锭杆、自动控制盛钢桶及中间罐的塞杆、自动控制结晶器内的钢液面、自动控制结晶器和二次冷却水量及液压系统;能自动给定并控制浇铸速度、自动计算并控制铸坯切割长度及所切块数、自动跟踪作业线上的铸坯、计算机还能对浇铸工艺参数进行分析、处理和记忆。把连铸过程控制计算机和转炉过程控制计算机联接起来,可以实现从钢水冶炼到铸坯入库的全过程自动化。