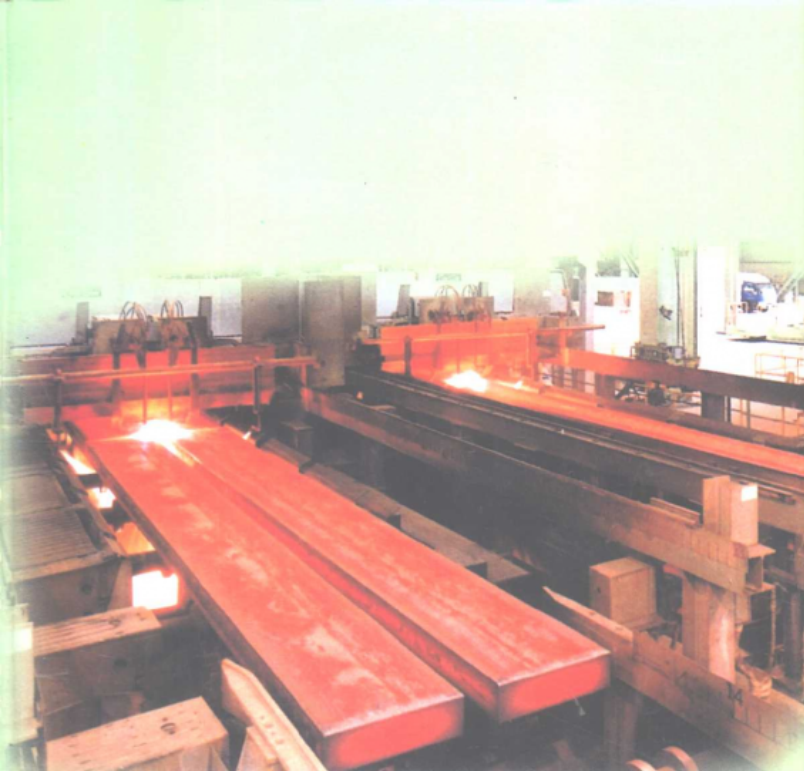




杨拉道 编著
谢东钢

常规板坯 连铸技术

冶金工业出版社

T4249.7



ISBN 7-5024-3006-7



9 787502 430061 >

ISBN 7-5024-3006-7

TG · 311 定价 20.00 元



常规板坯连铸技术

杨拉道 谢东钢 编著

北 京

冶金工业出版社

2002

内 容 简 介

本书回顾了常规板坯连铸技术的发展进程;重点介绍了现代板坯连铸机的主要设备和关键技术;论述了7台具有代表性的先进的板坯连铸机,列举了100套大型板坯连铸机性能参数,在此基础上对若干新的关键技术进行了专题综述;展望了连铸技术的发展前景;此外还介绍了板坯连铸机中很多新的、先进的设备结构,汇总了与板坯连铸机相关的许多先进技术。本书可供从事连铸设计和生产的技术人员、管理人员及大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

常规板坯连铸技术/杨拉道,谢东钢编著. —北京:

冶金工业出版社,2002.7

ISBN 7-5024-3006-7

I. 常… II. ①杨…②谢… III. 板坯-连续铸造
IV. TG249.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 027288 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 郭庚辰 美术编辑 王耀忠 责任校对 白 迅 责任印制 李玉山

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

2002年7月第1版,2002年7月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;7.75印张;184千字;114页;1-3000册

20.00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)

前 言

20 世纪是工业、经济大发展的世纪,在这个世纪里应运而生的以节约能源为目标的连续铸钢技术的发展大大地改变了钢铁工业的面貌。连续铸钢技术在西欧和日本的带动下,在全球范围内遍地开花,到 2000 年,全世界钢的连铸比达到 87% 左右。板坯连铸机具有工艺性强、设备结构复杂、总体技术水平要求高的特点,在整个连铸技术的发展中占有相当重要的位置。作者结合 20 多年来在连铸技术领域科研开发、工程设计、科研成果转化等方面的实践经验并参考大量有关资料写成本书。作者期望读者在了解常规板坯连铸技术所取得成就的基础上,能够在学术、技术领域开拓视野,也希望在连铸技术的深化研究和深层次开发方面能对读者有所帮助和启迪,更快地发展我国的连铸技术,使我国在进入 21 世纪这个经济全球化的时代里在冶金工业的新技术领域占有一席之地。

本书在编写过程中,中国工程院院士关杰同志和教授级高级工程师李淑贤同志提供了有关资料,高级工程师杜永华同志审阅了全书,在此一并表示感谢。

由于作者经验、水平有限,书中不妥之处,诚请读者给予指正。

作 者
2002 年 2 月 20 日

目 录

1 概述	1
1.1 连续铸钢的概念及设备组成	1
1.2 连续铸钢的优越性	1
1.3 连铸机的分类	5
1.3.1 按机型分	5
1.3.2 按铸坯的弯曲矫直方式分	5
1.3.3 按台、机、流分	6
1.3.4 按功能分	6
1.3.5 按钢种分	6
1.3.6 按断面形状分	6
1.3.7 按钢水静压力高度分	6
2 板坯连铸技术的发展进程	7
2.1 工业性应用阶段	7
2.2 弧型连铸机的崛起	8
2.3 连铸技术迅速发展	9
2.4 连铸技术稳步发展和渐趋成熟	9
2.5 连铸技术进一步发展	12
2.5.1 常规板坯连铸技术再创辉煌	12
2.5.2 薄板坯和中厚板坯连铸技术异军突起	15
2.5.3 高效连铸技术引人瞩目	15
2.6 世界知名的冶金工程(连铸技术)公司	16
3 现代板坯连铸机主要设备及关键技术	18
3.1 浇钢设备	18
3.1.1 钢包回转台	18
3.1.2 中间罐及其烘烤装置	20
3.1.3 中间罐车	22
3.2 连铸机本体设备	23
3.2.1 结晶器	23
3.2.2 结晶器振动装置	28
3.2.3 零号扇形段	33

3.2.4 二冷扇形段区域	36
3.3 引锭杆收集及输送设备	47
3.3.1 设备的功能及分类	47
3.3.2 下装引锭杆系统的组成和特点	48
3.3.3 上装引锭杆系统的组成和特点	49
3.4 切割区域设备	51
3.4.1 火焰切割机	51
3.4.2 切割机的布置	55
3.4.3 其他设备	55
3.5 其他部位的主要设备和关键技术	55
3.5.1 出坯辊道和后部精整设备	55
3.5.2 离线维修设备	56
3.5.3 快速疏印设备和气送管设备	56
3.5.4 其他	56
4 具有代表性的板坯连铸机	57
4.1 日本钢管公司福山厂 5 号板坯连铸机	59
4.1.1 主要性能参数	59
4.1.2 主要设备结构、性能及所采用的主要技术	59
4.1.3 浇铸实绩	61
4.2 日本钢管公司福山厂 6 号板坯连铸机	61
4.2.1 主要性能参数	61
4.2.2 主要设备结构、性能及所采用的主要技术	62
4.2.3 连铸机的自动化项目	65
4.2.4 浇铸实绩	66
4.3 日本神户制钢加谷川 4 号机第 2 流板坯连铸机	67
4.3.1 主要性能参数	67
4.3.2 主要设备结构、性能及所采用的主要技术	68
4.3.3 浇铸实绩	68
4.4 日本川崎制铁水岛厂 4 号板坯连铸机	69
4.4.1 主要性能参数	69
4.4.2 主要设备结构、性能及所采用的主要技术	70
4.4.3 EIC 一体化控制系统	71
4.4.4 浇铸实绩	72
4.5 芬兰罗德洛基钢铁公司 6 号板坯连铸机	72
4.5.1 主要性能参数	72
4.5.2 主要设备结构、性能及所采用的主要技术	73
4.5.3 生产使用情况	74
4.6 德国迪林根冶金公司双流立弯式板坯连铸机	74

4.6.1	主要性能参数	74
4.6.2	连铸机的主要特点	75
4.7	德国胡金根厂3号板坯连铸机	77
4.7.1	主要性能参数	77
4.7.2	主要设备结构特点、性能及所采取的主要技术措施	77
4.7.3	轻压下使用效果	79
4.7.4	工艺控制系统	79
4.8	国内外100套厚度不小于300mm(或宽度不小于2000mm)的板坯连铸机的性能数据	79
5	关键技术专题综述	94
5.1	连铸板坯的热装热送和直接轧制	94
5.1.1	实现热装热送和直接轧制的必要条件	94
5.1.2	为满足上述必要条件应采取的措施	94
5.2	动态调整振动参数的液压振动装置	95
5.3	凝固末端的轻压下	96
5.3.1	概述	96
5.3.2	动态轻压下技术的设备基础	96
5.3.3	轻压下技术的效果	97
5.3.4	国外轻压下技术的最新发展	99
5.3.5	中国远程调辊缝及轻压下技术应用情况	100
5.4	人为鼓肚轻压下技术	101
5.5	在线快速调厚调宽的零号扇形段	102
5.6	二冷喷淋随板坯宽度变化无级调节	104
5.7	结晶器铜板温度控制系统	105
5.8	二次冷却水、气的动态控制及大流量范围的气水雾化喷嘴	106
5.9	油气润滑	107
5.10	其他关键技术	108
5.10.1	板坯连铸机对钢水质量的要求	108
5.10.2	直弧形连铸机直线段的高度	108
5.10.3	电磁钢流控制技术	108
5.10.4	两相界综合应变及应变积累	109
6	发展前景	110
6.1	新材料是钢铁工业永远追求的目标	110
6.2	产品质量是连续铸钢的技术命脉	110
6.3	连铸技术的未来	111
6.3.1	近终形和传统断面的板坯连铸机	111
6.3.2	连铸机的高效化改造	111

6.3.3 连铸坯热装热送	111
6.3.4 炉机匹配	111
6.3.5 连铸机的关键技术	111
参考文献	113
作者单位简介	114

1 概 述

1.1 连续铸钢的概念及设备组成

把高温钢水连续不断地浇铸成具有一定断面形状和一定尺寸规格铸坯的生产工艺过程叫做连续铸钢。完成这一过程所需要的设备叫连铸成套设备,它主要包括机械(包括液压、润滑)设备、“三电”设备(电气、仪表、计算机)设备、通讯设备、水道设备、起重机设备、运输车辆、能源介质(包括管网)设备、厂房设备(包括工艺钢结构)、基础设备、环保设备及其他外围设备。

其中机械设备又包括钢水处理设备、浇钢设备、连铸机本体设备、切割区域设备、引锭杆收集及输送设备、出坯辊道和后部精整设备、中间罐及机械维修设备,这些机械设备是现代板坯连铸生产中必不可少的设备。另外,铸坯热装热送设备、辊子堆焊设备、结晶器加工设备(包括铜板镀层、涂层设备和钹修设备)、快速疏印设备、气送管设备、铸坯喷丸设备、铸坯修磨设备等,用户还可以根据生产的品种、产量、质量、规格、生产工艺、经济实力及其他实际情况选取。

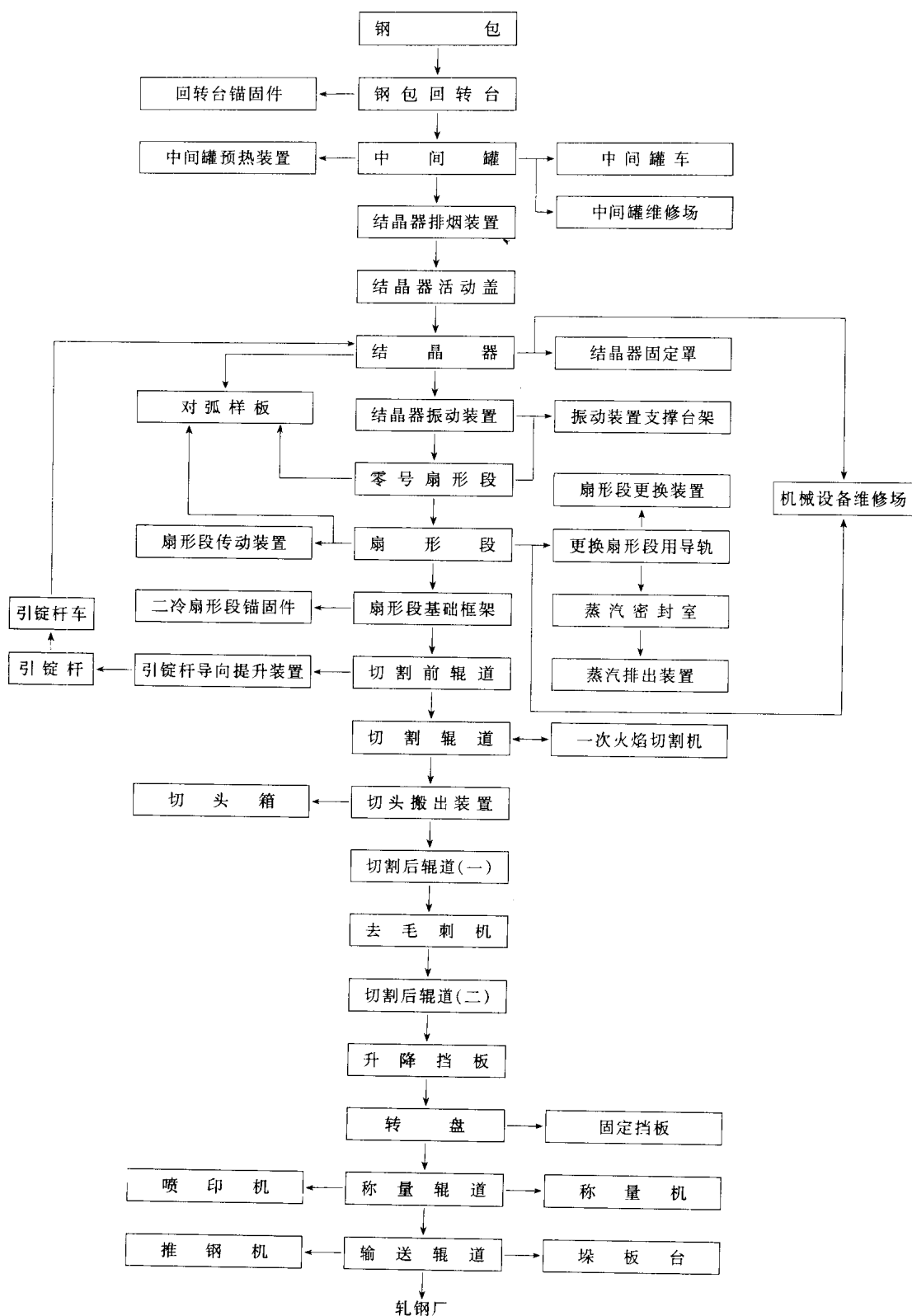
浇钢设备、连铸机本体设备、切割区域设备、引锭杆收集及输送设备的机电液一体化构成了连续铸钢核心部位设备,习惯上称为连铸机。

板坯连铸机在连铸技术的发展中起着相当重要的作用,板坯连铸机的总台数约占连铸机总台数的 10%,而产量却占总产量的 30% 左右。板坯连铸机工艺性强,设备结构复杂,总体技术水平要求高。正如有的专家所说“它是一种复杂而精密的装备”,图 1-1 是板坯连铸机械设备构成的一个典型例子。图 1-2 是板坯连铸核心部位机械设备组装图。

1.2 连续铸钢的优越性

20 世纪 70 年代以后连续铸钢技术发展很快,究其原因主要是它与以往的模铸相比有很多优越性。连铸和模铸的根本差别在于模铸是在间断情况下,把一炉钢水浇铸成多根钢锭,脱模之后经初轧机开坯得到钢坯的,而连铸是把一炉或多炉钢水连续不间断地注入结晶器,从而得到长度连续的铸坯,再经切割后直接生产铸坯的;模铸时铸坯冷却速度缓慢,连铸时因强制冷却使冷却速度变快。基于这些基本差别,使得连铸和模铸在许多方面都形成了鲜明的对比。

(1)提高了综合成材率。采用连铸工艺的直接经济效益,首先是提高了综合成材率。过去采用的钢锭开坯方式,切头切尾损失为 10%~20%,从钢水到成坯的收得率约为 84%~88%;而连铸的切头切尾损失仅为 1%~2%,从钢水到成坯的收得率为 95%~96%,即采用连铸可节约金属 10% 左右。金属收得率的提高必然带来综合成材率的提高。一般说来,模铸时综合成材率为 80% 左右,而连铸时综合成材率可达 95% 以上。据测算,连铸比每提高 10%,可使综合成材率提高 0.8%~1.5%。



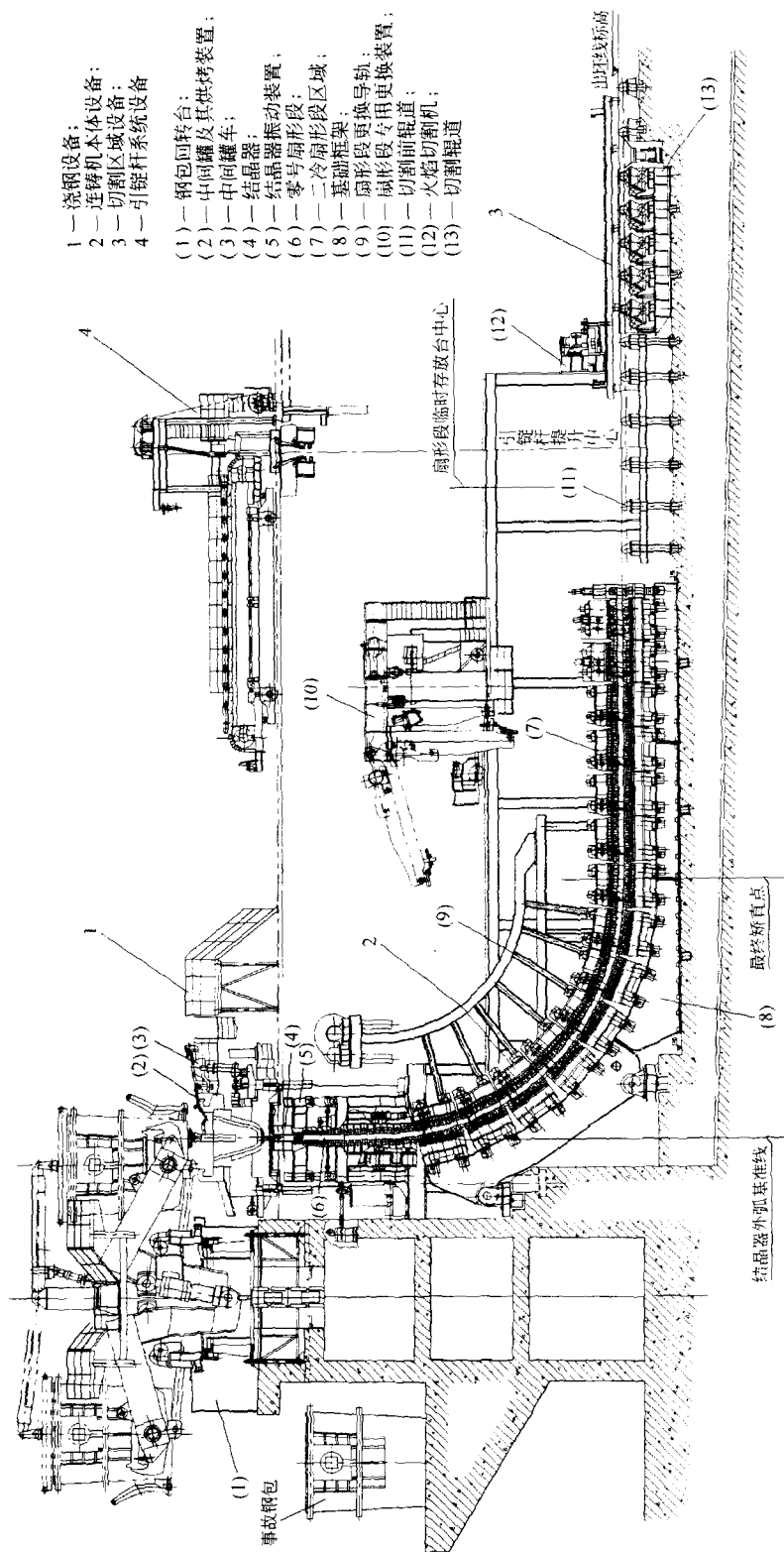


图 1-2a 板坯连铸机核心部位机械设备组装图(主视图)

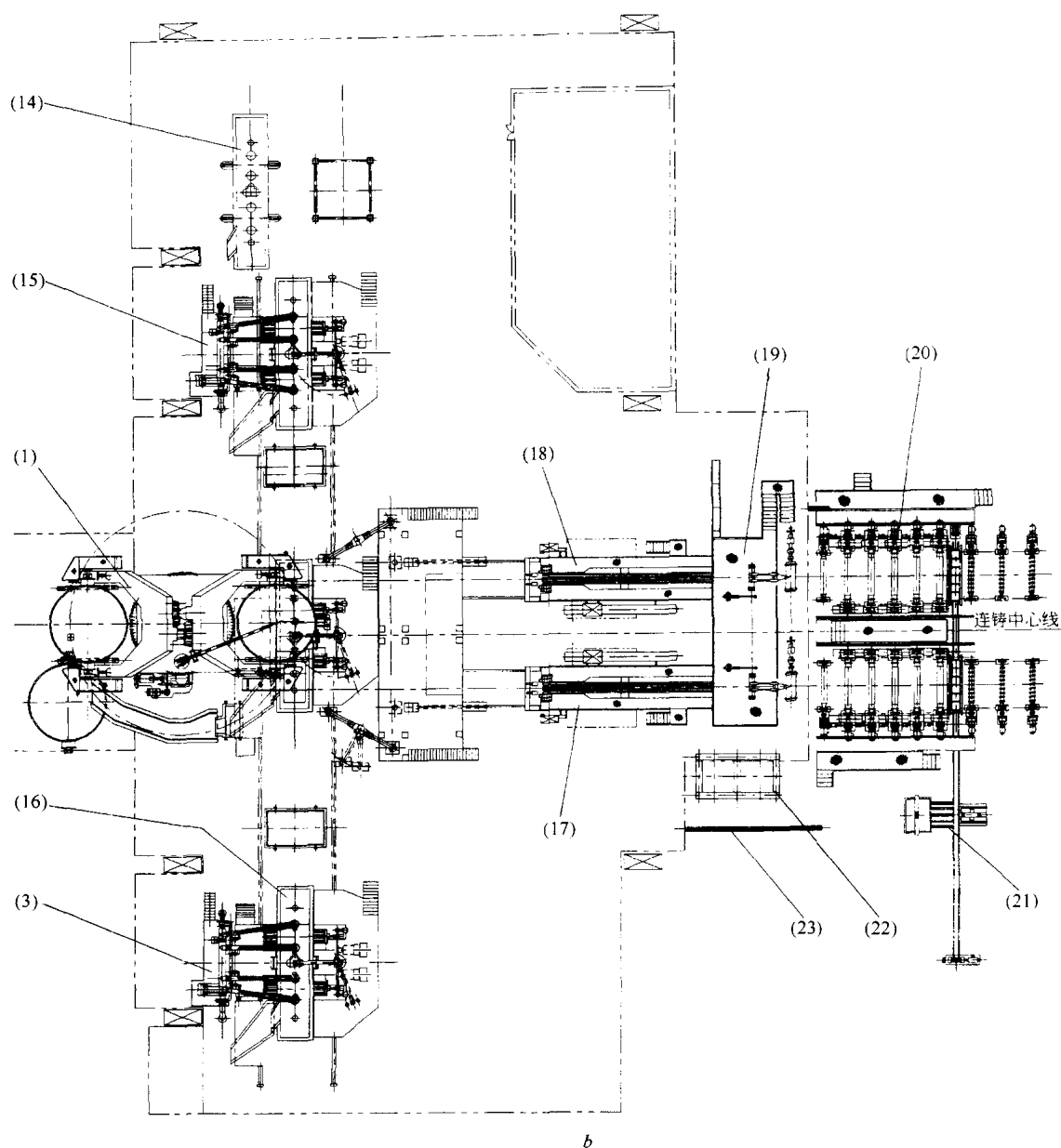


图 1-2b 板坯连铸机核心部位机械设备组装图(俯视图)

- (14)一备用中间罐;(15)一中间罐烘烤装置;(16)一中间罐及中间罐车;(17)一第一流中间罐车;
 (18)一第二流中间罐车;(19)一引锭杆提升卷扬装置;(20)一切割辊道;(21)一切头搬出装置;
 (22)一扇形段更换件临时存放台;(23)一扇形段更换装置大车轨道

(2)降低能耗。连铸节能主要体现在省去开坯工艺的直接节能,以及由于提高成坯率和成材率的间接节能两方面。据有关资料介绍,每生产 1t 钢坯连铸比模铸可节能 627~1046kJ,相当于 21.4~35.7kg 标准煤。再加上提高综合成材率的节能,按我国目前能耗水平测算,1t 连铸坯综合节能约 130kg 标准煤。应当指出,随着浇铸钢种、铸坯断面和轧制工艺的不同,连铸坯节能的具体效益也有所不同。

(3)产品的均一性好、质量高。模铸钢锭凝固时间长,元素偏析显著,特别是钢锭头部和尾部化学成分差别更大,而连铸坯断面比较小、冷却速度快、树枝晶间距小、偏析程度较轻,尤其是沿铸坯长度方向的化学成分比较均匀,因而其轧材的均一性比模铸高。随着炼钢工艺的发展和一系列连铸新技术的应用,目前连铸产品质量的各项性能指标,大都优于模铸轧材产品。

(4)易于实现机械化自动化。在炼钢生产过程中,模铸是一项劳动强度大、劳动环境恶劣的工序。而连铸由于其自身设备和工艺的特点,则易于实现机械化自动化。近年来,随着科学技术的发展,电子计算机已广泛应用于连铸生产的控制,使连铸这一优越性更加显著,有的连铸机已经实现了电气、仪表、计算机一体化。这不但使操作者从模铸的繁重体力劳动中解脱出来,而且提高了劳动生产率。

除上述突出的优点外,连铸还具有占地面积小、生产周期快、吨坯成本低等优点。因而当连铸在钢铁工业中成功应用之后,整个钢铁工业发生了巨大变化。一方面铸锭车间、均热炉和初轧机已经被连铸机所取代,另一方面连铸的发展正改变着从炼钢到轧钢的工艺流程。

连续铸钢如此多的优越性已经给钢铁工业的发展插上了腾飞的翅膀,而且 20 世纪 90 年代迅速崛起的薄板坯及中厚板坯连铸技术的巨大优越性更使得人们对“连续铸钢”技术刮目相看。薄板坯连铸连轧在常规板坯连铸轧钢已省去初轧机的基础上,又省去了轧制线上的“粗轧机组”,使板坯厚度与最终轧材的厚度差距进一步缩小,使工艺流程更加紧凑,从钢水到成材的生产周期大大缩短。与传统的板坯连铸机和热连轧机生产带钢相比,薄板坯连铸连轧有着更加突出的优越性,具体表现在以下几个方面:

(1)投资成本降低:单流设备 1t 钢的投资为常规流程的 81%,双流设备 1t 钢的投资为常规流程的 66%,当年产 250 万 t 钢时,其投资仅为常规流程的 50%;

(2)能源成本可降低 50%;

(3)金属收得率提高约 2%~3%(纽柯厂提高 2.5%);

(4)减少了 3~4 人·h,1t 钢只需 0.5 人·h;

(5)生产流程缩短 4~5h(在 30min 内使钢水变成热带卷);

(6)占地面积为常规流程的 24%;

(7)维修费用降低近一半;

(8)1t 钢的总生产成本降低 65~72 美元。

1.3 连铸机的分类

1.3.1 按机型分

按机型连铸机可分为立式连铸机、立弯式连铸机、直结晶器带直线段的直弧型连铸机、全弧型连铸机、多半径椭圆型连铸机、水平连铸机、轮带式连铸机、履带式连铸机等等。

1.3.2 按铸坯的弯曲矫直方式分

按铸坯的弯曲矫直方式可分为单点矫直连铸机、多点弯矫连铸机、连续弯矫连铸机(又分固定辊和浮动辊两类)、渐进矫直连铸机(又称为固定辊连续矫直连铸机)等。

1.3.3 按台、机、流分

连铸机共用 Z 个钢包浇注时,称为 Z 台连铸机;用 Z 个钢包浇注,而按连铸机的驱动系统的数量 X 可称为 Z 台 X 机连铸机; X 个驱动系统浇铸 Y 流铸坯时称为 X 机 Y 流连铸机。因此连铸机往往被称为 Z 台 X 机 Y 流,如一台一机二流、一台二机二流、一台四机四流等。

1.3.4 按功能分

在一台连铸机上,既可浇铸板坯,又能浇铸方坯,或者同时浇铸板坯和方坯时,称为板方坯兼容连铸机或板方坯复合连铸机。

1.3.5 按钢种分

在连铸机前冠以钢种类别,可以把连铸机称为特殊钢连铸机、不锈钢板坯(方坯)连铸机、合金钢板坯(方坯)连铸机等,以表示与浇铸普通碳素钢连铸机的区别。

1.3.6 按断面形状分

按照所浇铸的断面形状可把连铸机分为板坯连铸机、带坯连铸机、小方坯连铸机、大方坯连铸机、圆坯连铸机、异形(如工字形和八角形)断面坯连铸机。

按照铸坯厚度,一般概念认为,当铸坯厚度不小于 150mm 时称为常规(或“传统”)板坯连铸机。当铸坯厚度为 90~150mm 时,称为中厚度板坯连铸机。当铸坯厚度为 40~70(90)mm 时,称为薄板坯连铸机。当铸坯厚度为 25mm 左右时,称为带坯连铸机。当铸坯厚度为 10mm 左右时,称为薄带连铸机。当铸坯厚度小于 3mm 时,称为极薄带连铸机,目前,连铸极薄带最薄可达到 0.15~0.3mm。

1.3.7 按钢水静压力高度分

从结晶器液面向下直至连铸坯出坯线的高度设为 H (亦即钢水静压力的深度),铸坯厚度设为 D ,康卡斯特曾提出这样的衡量标准: $H/D > 50$ 为高压头连铸机, $H/D = 40 \sim 50$ 为正常压头连铸机, $H/D = 25 \sim 40$ 为低压头连铸机, $H/D < 25$ 为超低压头连铸机(习惯上叫“超低头连铸机”)。

2 板坯连铸技术的发展进程

连续浇铸液体金属的概念在 100 多年以前就已提出, 1840~1846 年, G. E. 塞勒斯(G. E. Sellers)、J. 赖尼(J. Lainy)和 H. 贝塞麦(H. Bessemer)都先后提出过一些设想, 由于当时技术条件的限制, 也只能用于低熔点有色金属, 如铅的浇铸。最早提出类似现代连铸设备建议的是德国人 R. M. 戴伦(R. M. Daelen)于 1887 年提出的。在他的方案中已经包括有水冷的上下口敞开的结晶器、二次冷却段、引锭杆、夹辊和铸坯切割装置等。

后来, 有许多人致力于连铸技术的研究, 他们认识到铸坯和结晶器之间必须有相对运动。而奠定近代连铸技术基础的是德国人容汉斯(Siegfried Junghans), 他于 1933 年在德国建成首台立式连铸设备, 并用其浇铸黄铜获得成功, 月产量达 1700t。1936 年, 铝合金的连铸也取得了成功。这样, 有色金属的连铸在 20 世纪 30 年代就应用于工业性生产。然而, 在工业规模上实现钢的连续铸造困难仍然很多。

第二次世界大战以后, 世界各地相继建设了一些试验性和半工业性试验设备。20 世纪 50 年代连续铸钢技术才开始工业化, 1950 年, 容汉斯和曼内斯曼(Mannesmann)公司合作, 建成世界上第一台能浇 5t 钢水的连铸机。到 70 年代由于国际能源危机的出现和连铸本身固有的节能优势, 促进了连续铸钢技术的较快发展。到目前为止, 无论是在连铸理论、连铸生产, 还是在连铸坯质量、产量和连铸比(连铸坯产量/粗钢产量)方面都取得了很大的发展。板坯连铸机在整个连铸发展史上占有重要位置, 下面就板坯连铸技术的发展大概归纳如下。

2.1 工业性应用阶段

从 20 世纪 50 年代起, 连铸开始用于钢铁工业。在此期间, 连铸装备水平低, 发展速度慢, 连铸机多为立式单流型, 铸坯断面小且主要为方坯。生产规模也较小, 钢水包容量多为 10~20t。到 50 年代末, 世界各地建成的连铸机约 40 台。值得注意的是 1952 年容汉斯和曼内斯曼公司组建了连铸共同体(即后来的德马克公司); 与此同时奥地利成立了以百录公司(Böhler A. G.)为中心的连铸利益共同体; 1954 年, I. 罗西(I. Rossi)在瑞士建立了康卡斯特(Concast)连铸公司。这些专门从事连铸技术开发集团的形成, 对于后来连铸技术的发展和推广应用起了重大的推动作用。

20 世纪 50 年代具有代表性的连铸机有: 1951 年, 苏联红十月冶金厂建成了世界上第一台不锈钢板坯连铸机, 产品断面为 180mm×800mm, 年产量 3.6 万 t。1953 年, 德国曼内斯曼德马克公司开发了结晶器电磁搅拌技术, 1954 年又开发了中间罐塞棒控制技术, 1954 年, 罗西公司在加拿大的阿特拉斯厂建成了一台板坯尺寸为 165mm×620mm 的不锈钢连铸机。1958 年, 曼内斯曼—德马克—百录钢厂在奥地利百录钢厂建成了 1000mm 宽的板坯连铸机。1959 年, 在英国 BRITISH 钢厂建成了一台板坯断面为 140mm×915mm 能够浇铸碳钢、低合金钢和不锈钢的连铸机。1959 年, 宽板坯连铸机在苏联的新列别茨克厂建成。

1960 年,世界连铸坯产量为 115 万 t,连铸比 0.34%,这 5 台板坯连铸机占当时连铸机总台数的 13%,其产量却占当时各种连铸机总产量的 30% 以上。这 5 台板坯连铸机的建立标志着板坯连铸机已经步入工业性应用阶段。

2.2 弧型连铸机的崛起

立式和立弯式连铸机除生产率低外,还由于建筑高度大,投资多,应用受到一定限制。弧型连铸机问世后,连铸技术的推广应用速度才真正加快。弧型连铸机不仅提高了生产率,降低了设备投资,而且更有利于安装在原有的钢厂内,弧型连铸机的崛起奠定了现代连铸机的基础。

早在 1952 年,德国人欧·萨波尔(O.Schaber)就提出了弧型连铸机(德国专利 DP1.025.578),但当时该专利申请未公布,故多年不被人们所知。瑞士冯·莫斯(Von Moos)钢厂的施耐肯波格(Schneckenburger)等人于 1956 年也申请了同一思路的弧型连铸机专利。1960 年中国的徐宝陞教授在北京钢铁学院也设计了一台浇 200mm×200mm 方坯的弧型连铸机,并建成一台简单的试验装置,开展弧型连铸机的研究试验工作。最早的弧型连铸机性能参数见表 2-1。

表 2-1 最早的弧型连铸机性能参数

实施日期	公司(厂)	曲率半径 /m	流 数	断 面 /mm×mm	设计/承建者
1963-02-16	格里罗冯科厂(德国)	7.5	1	200×200	萨波尔/德马克
1963-03-29	冯莫斯厂(瑞士)	3.0	1	80×80	施耐肯勒格
1964-04-08	乌拉尔重机厂(前苏联)	4.0	1	150×600	乌拉尔重机厂
1964-04	百录公司(奥地利)	5.1	2	90×90~140×140 (50~170)×(175~500)	萨波尔/德马克
1964-06-24	重钢三厂(中国)	6.0	1	200×1700	徐宝陞等/重钢三厂
1964-06-29	迪林根厂(德国)	8.0	1	(200~250)×(1000~1500)	康卡斯特/施罗曼
1964-09-07	胡金根厂(德国)	3.9	1	(150~250)×(1500~2100)	萨波尔/德马克
1965-01-25	阿特拉斯厂(加拿大)	9.1	1	127×(914~1321)	康卡斯特/麦斯塔
1965	上钢三厂(中国)	4.56	4	145×275	上海钢铁研究所/上钢三厂

20 世纪 60 年代,除连铸机机型发生了重大改变外,法国东方优质钢公司和曼内斯曼公司开始使用保护渣浇铸,德国迪林根厂的板坯连铸机上也成功地开发了结晶器浸入式水口和保护渣浇铸技术。为了减小两相界矫直应变,1964 年,美国人奥尔森提出了渐进弯曲渐进矫直技术,1964 年 9 月,由曼内斯曼公司设计,在德国胡金根厂投产的 205mm×2050mm 板坯连铸机上采用了三点矫直技术。从此以后的不长时间里,结晶器浸入式水口、保护渣、多点矫直(或渐进矫直)这三项技术配合弧型连铸机构成了现代板坯连铸机最基本最规范的技术,它是连铸机质量走向稳定和不断提高的标志性技术。1964 年,英国巴洛光亮钢有限公司研制成功了中间罐塞棒控制技术,1967 年胡金根厂又建成了两台“超低头”板坯连铸机,主要配合小型炼钢炉生产。同年,由美钢联工程咨询公司(USS Engineering & Consultants Inc.)设计、在格里厂投产了一台带直线段(直结晶器)的液芯弯曲的连铸机(简称直弧机)。这台连铸机投产后,成功地开发出代替沸腾钢种的所谓“Riband”钢。1968 年,由奥钢