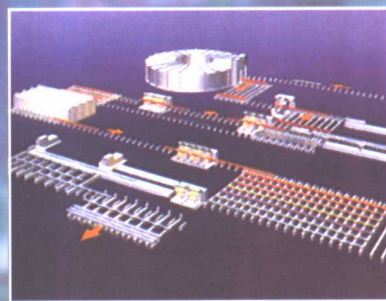
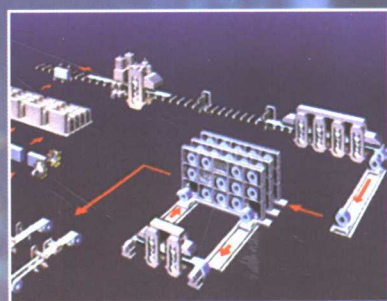
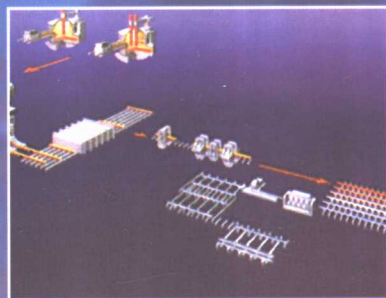
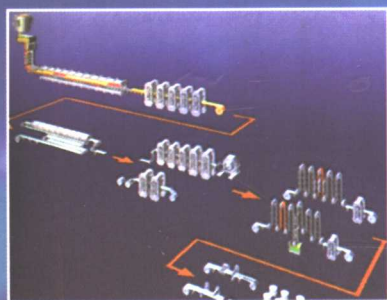


材料成形机械设备

主编 于九明 庞维成



NEUPRESS
东北大学出版社



东北大学资助

THO
M.

材料成形机械设备

主 编 于九明 庞维成

社,

东北大学出版社

内 容 简 介

本书涵盖了原“连铸设备”,“轧钢机械”,“有色金属塑性加工设备”,“锻压设备”的主要内容,以成形方法为主线,以各类型主体设备为重点,全面阐述了各种成形设备的结构特点,参数选择,强度、变形计算及工(模)具调整和质量控制。本书在拓宽知识面的前提下,强调基本概念,注重理论应用,掌握主要方法并吸收了本领域的一些最新研究成果。各章后均附有复习题,有助于学生深入学习。

本书是高等学校材料成形与控制工程专业本科生教材,也可供相关专业研究生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料成形机械设备/于九明,庞维成主编. —沈阳:东北大学出版社,
2002.8

ISBN 7-81054-771-2

I. 材… II. ①于… ②庞… III. 金属压力加工设备 IV. TG305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 042753 号

出 版 者: 东北大学出版社

(邮编: 110004 地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号)

出 版 人: 李毓兴

印 刷 者: 沈阳市市政二公司印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所发行

开 本: 787mm×1092mm 1/16

字 数: 443 千字

印 张: 17.75

出版时间: 2002 年 8 月第 1 版

印刷时间: 2002 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 冯淑琴

责任出版: 杨华宁

封面设计: 唐敏智

定 价: 28.00 元

垂询电话: 024-83680267 (社务办)

024-83680265 (传 真)

83687331 (市场部)

83687332 (出版部)

E-mail: neuph@neupress.com

http://www.neupress.com

前 言

推行专业改革,为社会培养综合素质高、知识结构全面的新型人才,在很大程度上取决于教材建设。根据教育部最新颁布的‘材料成形与控制工程’专业培养目标要求,原来使用的《轧钢机械设备》(压加专业)教材知识面较窄,已不能满足冶金类院校专业调整后材料成形与控制工程专业教学改革的需要。新编《材料成形机械设备》一书在内容的选择上遵循拓宽专业口径,扩展知识面的指导思想,同时又注意到其本身的系统性和科学性,按21世纪人才培养模式,从专业的长远发展,考虑不同面向,不同层次对人才知识结构的需求建立了‘以成形方法为主线,以各类型主体设备为中心,以典型设备的结构和力能参数计算为重点’的金属材料成形机械设备新体系,全面、系统地讲述了冶金材料领域相互关联的各种类型,不同结构形式的成形设备,包括液态金属成形设备,固态金属成形设备和深加工成形设备等几部分,几乎涵盖金属材料成形机械设备的全部内容。第1章重点介绍连铸设备,液态铸轧设备,突出金属材料从液态到固态的直接凝固成形特点;第2~7章重点介绍轧制设备,利用旋转的轧辊对轧件施加压力,突出材料轧制变形的成形特点;第8,9章介绍挤压、拉拔设备,利用巨大的静压(拉)力并借助模具使材料产生塑性变形的成形特点;第10章介绍锻压设备,利用工具动能释放产生的冲击力使材料塑性变形,突出碰撞塑性变形的特点。最后几章重点介绍具有通用性和代表性的几种辅助设备的工作原理、结构形式和力能参数确定。

本书作为教材,在拓宽知识面的前提下,强调应知应会的基本概念、基本知识和基本理论,掌握主要计算方法并注重基本理论的实际运用。在全面介绍各种材料成形机械设备工作原理、结构形式的基础上,对典型设备的结构特点和参数选择重点讲授,对与产品质量直接相关的工、模具的安装、调试和控制方法作简要介绍,同时结合设备主要部件的受力分析,要求掌握强度、变形和力能参数的计算方法,以保证工艺制度的正确实施和设备的使用安全。这样不仅使读者对设备的结构选型,参数确定,对零部件强度和变形计算方法有深入了解,同时也有助于培养读者合理使用、分析与解决材料成形机械设备工程问题的能力。本书可作为材料成形与控制工程专业和材料工程专业本科生教材,

也可供有关工程技术人员参考。

本书第1章由庞维成编写；第2~6章，11，12章由于九明编写；第7章由高秀华编写；第8，9章由丁桦编写；第10章由曹富荣编写。全书由于九明统编定稿。

在本书编写过程中，编者参阅和引用了国内、外有关文献资料，并将主要文献列于书后，这里谨向各位作者表示谢意。中南大学张新明教授，北京科技大学黎景泉教授，东北大学崔建忠教授，汪祥能教授，王廷溥教授，高有志教授，对本书提出许多宝贵的、指导性的意见。北京科技大学任学平教授，东北大学温景林教授，刘永贤教授对本书作了认真审校。在此，我们向各位表示衷心的感谢。

由于本书是第一本涵盖多种金属材料成形机械设备的教科书，鉴于作者水平所限，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2002年3月

目 录

前 言

第1章 连续铸造设备	1
1.1 连续铸钢设备组成及其类型	1
1.1.1 板坯连铸机	2
1.1.2 水平连铸机	3
1.1.3 薄板坯连铸机	4
1.2 连铸机主要结构及其参数选择	5
1.2.1 浇注设备	5
1.2.2 结晶器及其振动机构	10
1.2.3 二次冷却装置	17
1.2.4 拉坯矫直设备	20
1.3 常用有色金属的连铸设备	23
1.3.1 双辊式铸轧机的类型及配置形式	23
1.3.2 连铸系统的组成	25
1.3.3 薄铝带坯高速连续铸轧机	27
1.4 连铸设备的最新发展	27
1.4.1 结晶器最新技术	27
1.4.2 结晶器非正弦振动及同步控制	29
1.4.3 电磁冶金技术	31
复习题	36
第2章 轧制设备的基本类型	37
2.1 轧机的分类	37
2.1.1 轧机按用途分类	37
2.1.2 轧机按结构分类	38
2.2 轧机的基本形式	41
2.2.1 板、带材热轧机	41
2.2.2 板、带材冷轧机	43
2.2.3 型材轧机	46
2.2.4 高速线材轧机	49

2.3 轧制机械设备发展趋势.....	50
2.3.1 围绕节能降耗,研制开发了一系列新装备、新技术.....	51
2.3.2 缩短工艺流程,简化生产工序,加速发展连续化技术.....	51
2.3.3 积极开发和应用高效新型轧机.....	51
复习题	52
第3章 轧辊与轧辊轴承	53
3.1 轧辊的结构形式及材质的选择.....	53
3.1.1 轧辊的结构.....	53
3.1.2 轧辊的参数确定.....	54
3.1.3 轧辊的材质选择.....	55
3.2 轧辊的强度计算.....	56
3.2.1 二辊板带轧机轧辊强度的计算.....	56
3.2.2 型材轧机轧辊强度计算.....	57
3.2.3 四辊轧机轧辊强度计算.....	58
3.2.4 轧辊安全系数.....	62
3.3 轧辊的挠度计算.....	62
3.3.1 二辊板带轧机轧辊挠度的计算.....	62
3.3.2 四辊轧机轧辊挠度计算.....	64
3.4 轧辊的辊型调节.....	68
3.4.1 液压弯辊装置.....	68
3.4.2 几种辊型可调的新型轧机.....	70
3.5 轧辊用轴承.....	71
3.5.1 滚动轴承.....	71
3.5.2 轧辊用液体摩擦轴承.....	72
复习题	75
第4章 轧辊的调整装置	76
4.1 电动压下装置.....	76
4.1.1 快速电动压下装置.....	76
4.1.2 慢速电动压下装置.....	77
4.2 液压压下装置.....	78
4.2.1 液压压下装置的组成.....	78
4.2.2 电-液组合式压下装置组成	79
4.3 压下装置主要零部件结构与计算.....	80
4.3.1 压下螺丝与螺母.....	80
4.3.2 传动压下螺丝的扭矩及功率计算.....	83
4.4 轧辊平衡装置.....	84

4.4.1	弹簧式平衡装置	84
4.4.2	液压式平衡装置	84
4.4.3	轧辊平衡力的确定	85
	复习题	86
第 5 章	轧机机架	87
5.1	机架的类型及结构	87
5.1.1	机架的类型及其结构参数	87
5.1.2	机架的结构	88
5.2	机架的强度计算	91
5.2.1	简单闭式机架的强度计算	91
5.2.2	二辊开式机架强度计算	93
5.2.3	机架的材料和许用应力	95
	复习题	95
第 6 章	轧机主传动装置	96
6.1	滑块式万向接轴	96
6.1.1	结构及主要尺寸(参数)	97
6.1.2	接轴的强度计算	98
6.2	十字轴式万向接轴	99
6.3	弧形齿接轴	100
6.3.1	弧形齿接轴的结构	100
6.3.2	弧形齿接轴齿型参数和接触强度计算	102
	复习题	103
第 7 章	制管设备	104
7.1	热轧管机	104
7.1.1	穿孔机	105
7.1.2	轧管机	111
7.1.3	定、减径机和张力减径机	118
7.2	冷轧管机	124
7.2.1	二辊周期式冷轧管机组成	124
7.2.2	二辊周期式冷轧管机的主要装置	125
7.3	焊管机	129
7.3.1	连续炉焊管机组	130
7.3.2	连续成形电焊管机组	130
7.3.3	UOE 焊管机组	137
7.3.4	螺旋焊管机组	140

7.3.5 不锈钢焊管机组	140
复习题	143
第8章 挤压设备	144
8.1 挤压机类型及组成	144
8.2 液压挤压机的基本原理	150
8.2.1 帕斯卡原理	150
8.2.2 连续性原理	150
8.2.3 能量方程	151
8.3 液压挤压机的本体结构	151
8.3.1 机架	152
8.3.2 液压缸部件	152
8.3.3 穿孔装置	153
8.3.4 挤压工具	154
8.4 挤压机的辅助装置	155
8.4.1 模座	155
8.4.2 压余分离装置	156
8.4.3 挤压牵引机构	156
8.4.4 料台与冷床	157
8.5 液压挤压机主要部件的强度计算	157
8.5.1 主缸的强度计算	158
8.5.2 挤压筒的强度计算	160
8.6 挤压机液压传动装置与控制系统	162
8.6.1 高压泵直接传动	162
8.6.2 高压泵-蓄势器液压传动	162
8.6.3 挤压机的液压控制系统	162
8.7 连续挤压机	166
8.7.1 Conform 连续挤压机	166
8.7.2 Castex 连续铸挤机	169
复习题	169
第9章 拉拔设备	170
9.1 管、棒、型材拉拔机	170
9.1.1 链式拉拔机	170
9.1.2 联合拉拔机	172
9.1.3 圆盘拉拔机	174
9.2 拉线机	177
9.2.1 单模拉线机	177

9.2.2 多模连续拉线机	178
9.2.3 拉线机的辅助装置	182
9.2.4 拉线机的发展	183
复习题	184
第10章 锻压设备	185
10.1 锻压设备概述	185
10.1.1 分 类	185
10.1.2 工作能力的换算	186
10.1.3 工作特点	187
10.2 锻 锤	188
10.2.1 蒸汽-空气锤	188
10.2.2 无砧座模锻锤	193
10.2.3 空气锤	198
10.3 曲柄压力机	201
10.3.1 曲柄压力机	201
10.3.2 曲柄滑块机构的运动及受力分析	206
10.3.3 曲柄压力机的选用	208
10.4 螺旋压力机	209
10.4.1 螺旋压力机概述	209
10.4.2 摩擦螺旋压力机	211
10.5 锻压设备的发展趋势	212
10.5.1 锻压设备的发展趋势	212
10.5.2 锻压柔性制造系统 FMS 和计算机集成制造系统 CIMS	212
复习题	214
第11章 剪切机	215
11.1 平刃剪切机	215
11.1.1 平刃剪切机	215
11.1.2 平刃剪切机参数	219
11.2 斜刃剪切机	222
11.2.1 斜刃剪切机结构	223
11.2.2 斜刃剪切机参数	223
11.3 圆盘剪	226
11.3.1 圆盘剪切机结构	226
11.3.2 圆盘剪的主要参数	227
11.4 飞剪机	229
11.4.1 飞剪的结构类型	229

11.4.2 飞剪切头(尾)和切定尺调整原理.....	236
11.4.3 飞剪基本参数的确定.....	239
复习题.....	242
第12章 矫直机	243
12.1 概 述.....	243
12.1.1 矫直机的作用与类型.....	243
12.1.2 矫直技术的发展概况.....	245
12.2 弹塑性弯曲基本理论.....	245
12.2.1 弹塑性变形与弯曲过程中的曲率.....	245
12.2.2 弹塑性弯曲力矩计算.....	247
12.3 压力矫直.....	250
12.4 辊式矫直机.....	251
12.4.1 辊式矫直原理.....	251
12.4.2 辊式矫直机力能参数计算.....	253
12.4.3 辊式矫直机的结构参数.....	256
12.4.4 辊式矫直机的结构.....	258
12.5 拉伸弯曲矫直机.....	261
12.5.1 拉伸弯曲矫直原理.....	261
12.5.2 拉伸弯曲矫直机的结构.....	263
12.5.3 拉伸弯曲矫直机组的主要参数.....	263
12.6 斜辊矫直机.....	265
12.6.1 斜辊矫直原理.....	265
12.6.2 斜辊矫直机的主要参数.....	267
12.6.3 斜辊矫直机的结构.....	268
复习题.....	271
参考文献.....	272

第 1 章 连续铸造设备

连铸是将液态金属通过连铸机浇注、凝固成形、切割而直接得到铸坯的工艺,是连接炼钢和轧钢的中间环节,是现代化冶金工业的重大突破性技术之一。近 20 年来,世界钢产量之所以大幅度上升,连铸的广泛采用是其重要原因之一。连铸比已成为衡量一个国家冶金工业水平的重要指标。

1.1 连续铸钢设备组成及其类型

连铸设备主要由钢包、中间包、结晶器(一次冷却)、结晶器振动装置、二次冷却和铸坯导向装置、拉坯矫直装置、切割装置、出坯装置等部分组成。见图 1-1。

连铸技术经过几十年的不断发展,目前已有立式、立弯式、弧形式和水平式连铸机,这些机型称传统连铸机,见图 1-2。

随着近终形铸造技术及热送热装技术的发展,近年来又推出了薄板坯连铸连轧、薄带铸轧及电磁连铸等新技术、新设备。连铸机的机型直接影响到连铸坯的产量、质量、投资和效益。

连铸机的参数是选择机型及机械设备设计的主要依据,是决定设备性能和规格的基本因素。其基本参数有:铸坯断面、拉坯速度、冶金长度、弧形半径及连铸机的流数等。

(1) 铸坯断面。铸坯断面形状和尺寸是连铸机设计和选择时首先要确定的问

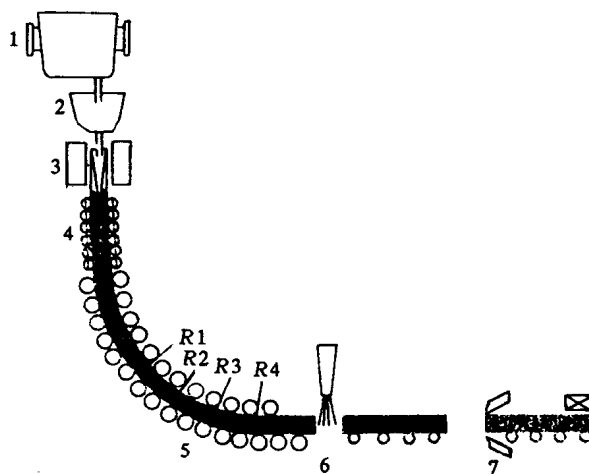


图 1-1 连铸设备组成

- 1—钢包;2—中间包;3—结晶器;
4—二次冷却和铸坯导向装置;5—拉坯矫直装置;
6—切割装置;7—出坯装置

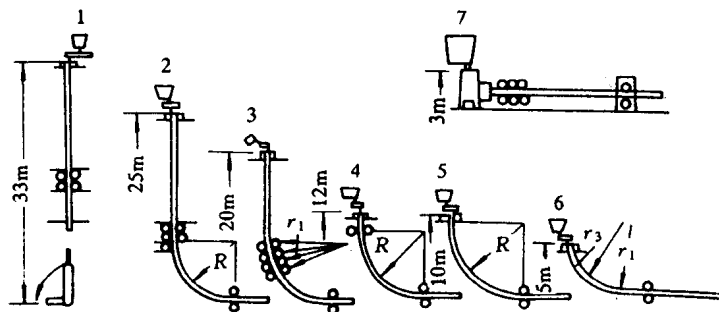


图 1-2 连铸机机型简图

- 1—立式;2—立弯式;3—直结晶器立弯式;4—直结晶器弧形;5—弧形;6—多半径弧形;7—水平式

题。目前,连铸可生产的铸坯断面形状有方坯、矩形坯(扁坯和板坯)、圆坯及异形坯。

(2) 拉坯速度。拉坯速度 v 是指连铸机单位时间内从结晶器内拉出的铸坯长度,单位是 (m/min)。也有用浇注速度 q ((t/min)) 表示的,即铸机每一流每分钟浇注的钢水量(t)。拉坯速度是设计连铸机的重要参数之一,它对连铸机的生产能力起着决定性作用。

(3) 冶金长度。连铸机的冶金长度是指从结晶器内钢液面到拉矫机最后一对辊子中心线的实际长度,即连铸机长度。它标志着铸坯液相穴深度的最大极限位置。

(4) 弧形半径。连铸机的弧形半径是指弧形连铸机铸坯弯曲的外弧半径,通常以 m 来表示,是连铸机的重要参数之一。它标志着连铸机的形式、大小和可能浇铸铸坯的最大厚度,同时也直接关系到连铸机的总体布置、高度及铸坯的质量。

(5) 连铸机的流数。连铸机的流数是指一个钢包、一台连铸机同时浇铸出的铸坯条数,每根铸坯称为一流。一台连铸机可以是单流的,也可以是多流的。近年来,小方坯连铸机最多浇铸达 12 流,多数采用 4~6 流。大方坯最高浇铸达 8 流,多数采用 1~4 流。大板坯最多浇铸达 4 流,常用 1~2 流。

下面介绍几种典型连铸机。

1.1.1 板坯连铸机

板坯连铸机是指生产铸坯断面比大于 3 的连铸机。现代化的板坯连铸工艺流程为:转炉—钢包—炉外精炼—回转台—中间包—结晶器—铸坯导向装置—切割—去毛刺—喷印—精整—热轧,其中从回转台至切割各工序是由板坯连铸机完成的。

在连铸过程中,根据铸坯运动轨迹的形状,板坯连铸机分为立式、立弯式和弧形三种。

立式连铸机的基本特征是连铸机的各主体设备从上到下配置在同一铅垂生产线上,在浇注过程中铸坯没有受到任何强制变形作用。特点有:①钢水在结晶器内,四周冷却条件相同,易于调节控制,钢水中各种非金属夹杂物易于上浮,铸坯内夹杂物少,横断面结晶组织对称。②连铸机主体设备结构简单,不需矫直装置。③铸坯在结晶凝固过程中,不受机械外力作用,有利于获得更好质量。④由于机身很高,钢水静压力大,极易产生鼓肚变形,设备维修不方便,投资较多。⑤铸坯定尺长度受到限制,随着生产率的提高,需增大铸坯尺寸,提高拉速,这就需提高立式连铸机的高度,使其缺点更加突出,从而立式连铸机的发展受到限制。

立弯式连铸机的基本特征是连铸机机身上部与立式连铸机完全相同,在铸坯完全凝固后经过弯坯导向装置,将铸坯弯曲 90° 成水平,然后在水平位置矫直、出坯。其特点有:①具有立式连铸机主要工艺特点及铸坯质量高的优点;②连铸机高度降低,采用水平出坯,铸坯长度不再受限制;③当加大铸坯尺寸及提高拉速时,铸坯的液相穴深度会越来越长,致使机身至弯坯前还是太高,限制了发展。

弧形连铸机的基本特征是从位于最上面的结晶器及紧相连的二次冷却支承装置到拉矫机等设备均配置在同一半径的圆弧(约占 1/4 圆弧长)生产线上。连铸生产中,铸坯在完全凝固后才进入拉矫机,受矫直辊施加的外力而矫直。其特点有:①机身高度低,为立式连铸机的 1/3,克服了立式连铸机的部分缺点;②水平出坯,定尺长度不受限制,有利于高速浇注;③钢水在圆弧中进行凝固,夹杂物上浮受到阻碍,并容易向内弧富集,造成夹杂物偏析;④占地面积比立式连铸机大。⑤铸机中与弧形有关的设备的制造、安装、对弧等均比较麻烦。

根据钢水静压力的大小,又可将连铸机分成高头型(基本弧形半径 R /铸坯厚度 $D \geq 50$),标准型($R/D = 40 \sim 50$),低头型($R/D = 25 \sim 39$)和超低头型($R/D \leq 25$)。

板坯连铸机的设备特点：

钢包回转台是现代板坯连铸机中使用最广泛的钢包运载设备，要求有高度的安全性和可靠性，其结构形式有直臂式和单臂式两种。回转台上设有钢包升降和称量装置。

中间包车有门式、半门式和悬臂式，目前多用门式。

结晶器带有在线调宽装置，可做到在浇铸过程中实现铸坯断面尺寸的调整。结晶器振动装置大多采用正弦曲线振动，在机构上采用短臂四连杆和四偏心振动机构。

拉矫机的形式较多，以多点矫直和渐近连续矫直效果较好。引定杆装入方式有上装式和下装式两种，近年来为提高连铸机作业率，开始采用上装式。

1.1.2 水平连铸机

水平连铸机的基本特征是在浇注过程中，铸坯始终保持水平运动，不受弯曲和矫直，属无氧化浇铸。其特点有：①连铸机各单体设备完全在地面上水平布置，机身高度很低（高度小于或等于 3m）。钢水静压力小，有利于结晶凝固，特别是从钢水到成坯的全过程不受弯曲和矫直等机械外力作用，裂纹明显减少。②连铸机结构简单，重量轻（比普通弧形连铸机约轻 43%~45%），一次投资省 50% 以上。它省去了专门防止二次氧化的保护系统、结晶器振动装置、二次冷却系统与矫直设备。其安装、维修和连铸的生产操作都很方便。③由于中间包和结晶器直接相连，钢水完全在封闭系统内流动和凝固，很容易实现无氧化浇铸，铸坯质量好。④目前只能浇铸较小断面的铸坯，生产能力较低，只适宜生产小批量的钢坯，特别是特殊钢铸坯。

水平连铸机工艺过程为：钢水自钢包注入中间包，中间包通过底部侧面连接管和分离环与结晶器入口的端部相连接，钢液从分离环进入水冷结晶器，在结晶器的内壁和分离环的四周凝固成形，带液芯的铸坯被拉出结晶器，经二次冷却后完全凝固。目前水平连铸机多浇注圆坯。最大断面为 220mm，最小断面为 80mm，最高拉速 6m/min，有单流、双流等。由于受分离环制造技术的限制，水平连铸机不能浇注板坯和大方坯，不能浇注小断面铸坯。

水平连铸机设备特点：

中间罐与结晶器直接密闭连接；中间罐水口是水平方向安装，钢液沿水平方向流入结晶器；中间罐熔池较深，一般在 500~850mm，有利于夹杂物上浮。

水平连铸机的结晶器是不能振动的固定式结晶器；中间罐与结晶器密封连接。结晶器内钢水静压力比弧形连铸机高 5~6 倍，因此成形的凝固坯壳紧贴结晶器内壁，传热效果好；但铸坯与结晶器壁间的摩擦阻力较大。结晶器传热集中于前端，在距分离环 200mm 长度内，热传导量占结晶器总传热量的 70%~80%，因而沿结晶器长度方向的传热是不均匀的，致使凝固速度有差异；为此水平连铸机采用多级结晶器，其结构如图 1-3 所示。结晶器长度为铍铜套长 150mm，石墨套长 900mm，总长 1050mm。

分离环是水平连铸机的技术关键部件，处于中间罐与结晶器的连接部位，如图 1-3 所示。它既是实现“密封浇注”，又是钢液凝固的起点。因此分离环要能经受高温冲击，便于加工，才能保证它与结晶器铜套紧密配合。

由于水平连铸机结晶器不能振动，并且与中间罐密封连为一体；钢液的供应与铸坯的运行方向相垂直。钢液进入结晶器首先与分离环接触，

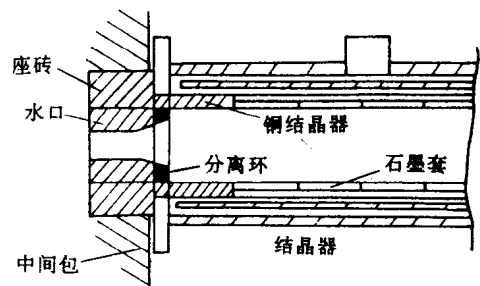


图 1-3 结晶器示意图

形成凝固壳。从分离环开始沿铸坯运行方向凝固壳逐渐增厚。若按传统方式连续拉坯,有可能将铸坯拉断;如果实现连续拉坯时,必须具有足够的坯壳厚度,那么拉速就要限制在 20~30mm/min 以内,这样的拉速在工业生产上是没有意义的。为此水平连铸机采用了拉-停-推-拉组合的周期间歇式拉坯方式。

1.1.3 薄板坯连铸机

近终形连铸是近 20 年来发展起来的一项高新技术,其实质是在保证成品钢材质量的前提下,尽量缩小铸坯的断面来取代压力加工。薄板坯连铸连轧是近终形连铸的一种,其特点是工艺简化,设备减少,生产线短,省去了粗轧及部分精轧机架,生产周期短,降低生产成本,节约能源,成材率平均提高 11%~13%。

传统连铸工艺板坯厚最小为 200mm,投资 5 亿至 15 亿美元不等,薄板坯厚为 50mm,投资为 1.5 亿~3 亿美元。目前商业化的薄板坯连铸工艺有两种:

(1) 在结晶器内减少薄板坯的厚度,如 CSP 工艺采用漏斗形结晶器以使浸入式水口容易插入结晶器,可浇 50mm 厚的板坯;

(2) 在铸坯阶段减少板坯厚度,如 ISP 工艺等,采用平行结晶器和液芯压下技术,浇成 60mm 板坯,软压下至 40mm。

1.1.3.1 CSP 工艺

也称紧凑式热带生产工艺(Compact Strip Production)。由德国施勒曼-西马克(SMS)公司开发。这种工艺采用漏斗型结晶器以便使浸入式水口容易插入结晶器,可浇注 50mm 厚度的板坯。见图 1-4。

设备特点:

(1) 连铸设备为立弯型连铸机,垂直高度为 1.2m,弯曲半径为 3.05m。

(2) 采用漏斗型结晶器,结晶器的断面在宽面垂直方向是上大下小带锥度呈漏斗状,漏斗中间上部空间较大,在中间漏斗区以外的两侧壁板仍然是平行的,结晶器出口处两壁间的距离相当薄板坯厚度。一般浇铸厚度为 40~

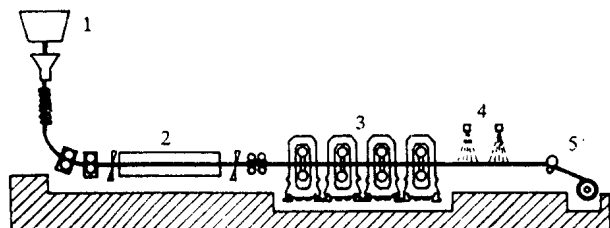


图 1-4 CSP 生产线

1—连铸机;2—均热炉;3—轧机;4—冷却段;5—卷取机

50mm。漏斗形结晶器可以使用常规浸入式水口,也可以使用异型浸入式水口,以便注流在结晶器内有适宜的流场,铸坯可能均匀生长。

(3) 在结晶器下口的支承装置是冷却格栅,长度约 700mm;冷却格栅下面是框架组成的导辊支承段;导辊是由多点支撑的分节辊组成,既可防止铸坯发生鼓肚变形,又可避免导辊的变形。目前开始采用液芯压下技术。

1.1.3.2 ISP 工艺

也称在线热带生产工艺(Inline Strip Production)。由德国曼内斯曼-德马克(MDH)公司开发。采用平行结晶器和液芯压下技术,首先铸成 60mm 厚的板坯,再软压下至 40mm。见图 1-5。

设备特点:

(1) ISP 生产线为超低头薄板坯连铸机,弧形的曲率半径分别为 5m, 6.6m, 9.8m 和

19.6m。

(2) 直弧形结晶器上部为垂直结构,下部为弧形结构,其弧形与连铸机弧形半径相接;结晶器侧板可调。结晶器上口内腔厚度为 80mm,出口坯厚为 60mm。结晶器采用液压振动,振幅 $\pm 4\text{mm}$,频率 190 次/min。

(3) 特殊形状薄壁浸入式水口的下口总厚仅为 30~35mm,水口的加强筋厚度为 10mm;通道为 10~15mm,流量为 2~3t/min。水口是用加有氮化硼(BN)和氧化锆(ZrO_2)的高铝碳质材料经等静压、高压成形。浸入式水口壁与结晶器壁之间距为 10~15mm 为宜。为防止凝钢搭桥,使用前水口需高温烘烤,同时还要避免钢液中 Al_2O_3 在浸入式水口内壁沉积而堵塞。

近终形连铸的进一步目标是由钢水直接浇注成 20mm 以下至几毫米厚的薄带坯,这种薄带坯不必经过热轧,而是直接经冷轧机轧成带钢,相比之下薄带铸轧有着显著的优势。目前薄带铸轧尚处于实验阶段,图 1-6 为一双辊薄带铸轧装置,该装置双轮的辊径为 350mm,最大速度为 50mm/min。

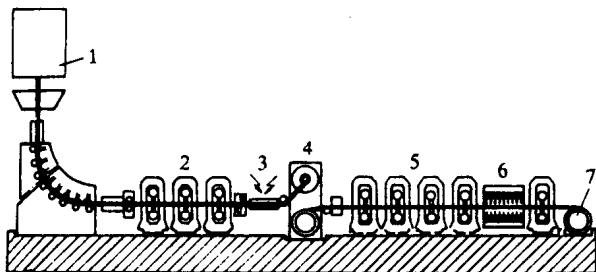


图 1-5 ISP 生产线

1—连铸机;2—大压下轧机;3—感应加热;4—Cremona 箱;
5—轧机;6—冷却;7—卷取机

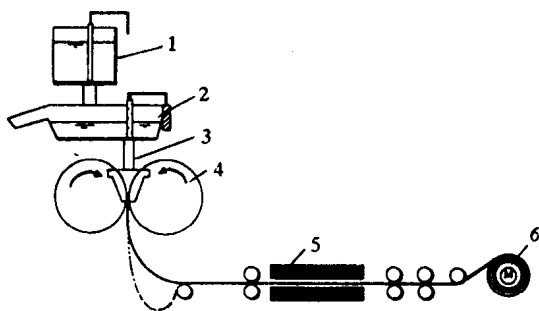


图 1-6 薄带铸轧技术

1—钢包;2—中间包;3—水口;4—结晶器辊;
5—温度控制;6—卷取机

1.2 连铸机主要结构及其参数选择

1.2.1 浇注设备

连铸生产中,冶炼合格的钢水经钢包承运设备送至连铸机浇铸平台,按工艺要求将钢水注入中间包。

1.2.1.1 钢包回转台

钢包回转台是现代连铸中广泛应用的钢包承运设备,它在连铸作业率不断提高,实现多炉连浇过程中起到了重要作用。目前,我国新建的连铸机几乎都采用这种方式。钢包回转台的结构形式按回转臂的形式分,主要有整体叉臂式和双单臂式两种。整体叉臂式回转台其两端叉臂为一整体,只需一套旋转机构,结构较简单。双单臂式回转台其两端的转臂各自单独转动,两个钢包可有不同的相对位置,这对承运钢包、处理意外情况等更为方便、灵活。蝶形钢包回转台属于双臂整体旋转单独升降式,在钢厂使用较广,其结构见图1-7。

1. 回转台的结构组成

钢包回转台主要由钢结构部分(包括旋转盘)、回转驱动装置、回转夹紧装置、升降机构、称

量装置、润滑装置和事故驱动装置等组成。

钢结构部分由叉形臂、旋转盘与上部轴承座、回转环和塔座组成。

回转驱动装置由电动机、大速比减速机及回转小齿轮组成(见图1-8)。回转小齿轮与上部轴承座的齿轮相啮合。回转台的旋转频率通常不大于 $1/60\text{s}^{-1}$ 。假如旋转频率太高,则在起动及制动时会使钢包内的钢水产生动荡,甚至溢出。

钢包回转台一般都设计配有一套事故驱动装置,以便在发生停电事故或其他紧急情况而无法用正常驱动装置时,仍可借助于事故驱动装置将处于浇铸位置的钢包旋转到事故钢包上方。事故驱动装置通常是气动的,由气动马达代替电动机驱动大速比减速机及其他部分。

回转夹紧装置是使大包固定在浇铸位置的机构,它一方面保护了回转驱动装置在装包时不受冲击,另一方面保证了正在浇铸钢包的安全。

为了实现保护浇铸,要求钢包能在回转台上做升降运动。当钢包水口打不开时,要求使钢包上升,便于操作工用氧气烧水口。同时钢包升降装置对于快速更换中间包也很有利。蝶形回转台的钢包升降装置,是根据杠杆原理设计的,它由一个叉臂、一个升降液压缸、两个球面推力轴承及导向连杆与支撑钢结构组成。

钢包称量装置的作用是用来在多炉连浇时,协调钢水供应的节奏以及预报浇铸结束前钢水剩余量,从而防止钢渣流入中间包。每套升降装置有4个称量传感器以及完整的称量系统。

钢包回转台的回转大轴承以及柱销齿圈啮合采取集中自动润滑,分别由两台干油泵及其系统供给。

2. 回转台主要参数选择

(1) 承载能力。回转台在浇铸过程中有多种承载状况:刚开始浇铸时,通常只有浇铸侧承

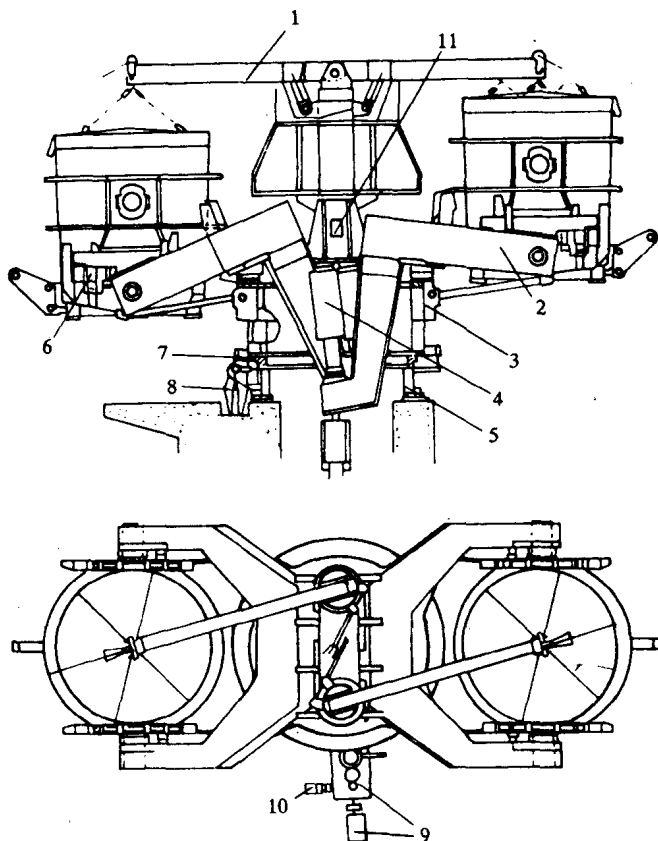


图 1-7 蝶形钢包回转台

- 1—钢包盖装置;2—叉形臂;3—旋转盘;
4—升降装置;5—塔座;6—称量装置;
7—回转环;8—回转夹紧装置;
9—回转驱动装置;10—气动马达;11—背撑梁

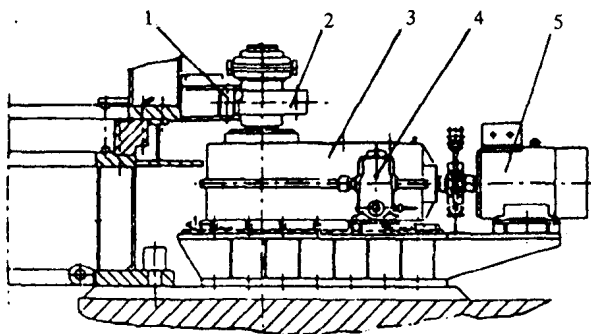


图 1-8 回转驱动装置及事故驱动装置

- 1—柱销齿轮;2—回转小齿轮;3—减速机;
4—气动马达;5—电动机