

机械铸造技术

制造工艺与生产管理

刘明延
孙启隆

吕汉强
马重光

主编

机械工业出版社

板 坯 连 铸 机

制造工艺与生产管理

刘明延 吕汉耀 主编
孙启醒 马重光

江苏工业学院图书馆
藏书章

机械工业出版社

(京)新登字054号

内 容 简 介

本书结合我国与国外联合设计、合作制造的宝钢1900mm板坯连铸机,比较全面、系统地介绍了大型板坯连铸机制造的主要特点和制造工艺要点,包括焊接、铸造、锻造、热处理、无损检验、机械加工、装配、配管、产品的质量检查等,对板坯连铸机的合作制造、粗细计划及计算机辅助管理、产品的质量控制、大型成套设备合作制造的对外谈判与签约等也作了介绍。

本书可供从事板坯连铸机制造和连铸生产部门的工程技术人员、管理工作者和工人参考。

板 坯 连 铸 机

制造工艺与生产管理

刘明延 吕汉耀 主编
孙启醒 马重光

*

责任编辑:潘奇等 版式设计:李松山

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

*

开本787×1092¹/₁₆·印张35·字数850千字

1995年4月北京第1版·1995年4月北京第1次印刷

印数 0 001—1000 定价:53.00元

*

ISBN 7-111-04303-0/TG·918

前 言

连续铸钢技术最早出现于1857年,本世纪40年代在美国建成了第一台工业试验性连续铸钢装置,并取得了工业试验成功。50年代连续铸钢设备开始用于工业生产。而真正被人们所重视、得到迅速发展的是在本世纪70年代。1985年,日本和原西德的连铸比已分别达到91.1%和79.5%。1987年世界平均连铸比达到54.8%。

连续铸钢技术之所以得到如此迅速的发展,是因为它与传统的模铸开坯工艺相比具有许多优越性,比如:可提高金属收得率10%~14%;降低能耗70%~80%,当采用热送时可以再节能10万kcal/t钢;节省运输费用40%;节省占地面积30%;节约劳动力75%。这从根本上改善了铸锭的繁重体力劳动和恶劣的工作条件,可实现从炼钢到轧材的连续生产,提高了钢坯和钢材的质量,降低了成本。所以说,连续铸钢技术是钢铁工业一项具有革命性的新技术。

我国的连铸技术研究,始于1956年,虽然起步不算晚,但经历了一段曲折的道路。1980年前,我国共建造连铸机25台,连铸比只有6.2%。改革开放以来,连铸生产的发展速度已大大加快:1985年,我国连铸坯产量为506.9万t,连铸比为10.8%;1991年连铸坯产量已达 1881×10^4 t,连铸比达26.7%;到1992年连铸坯产量为 2428×10^4 t,连铸比达30%。目前我国已拥有连铸机177台套,年生产能力已超过 3842×10^4 t。虽然如此,与世界发达国家相比差距仍然很大。

根据国家“七五”计划,我国已建成年产600万t规模的现代化的上海宝山钢铁联合企业。遵循国务院“技贸结合、引进技术、合作生产”的方针,我们成功地与国外联合设计、合作制造了该项工程中的1900mm板坯连铸成套设备。

为了通过对引进技术的消化、吸收和创新,推进我国连续铸钢技术的发展,根据机械工业部陆燕荪副部长的指示,在机械部原第二装备司和重大技术装备办公室的直接领导下,在全面系统地总结1900mm板坯连铸机设计制造技术的基础上,结合科研及教学的经验,我们编写了《板坯连铸机》一书。本书分为《设计与计算》和《制造工艺与生产管理》两部分。

《板坯连铸机制造工艺与生产管理》一书,主要介绍板坯连铸设备的主要零部件的铸造、锻造、加工、热处理、装配、检查等,同时还对合作制造、对外谈判与签约、计划管理和质量控制也作了比较详细的说明。本书可供从事连铸设备制造、设计和维修人员以及大专院校有关专业的师生参考。

本书由中国重型机械总公司、第一重型机器厂、大连重型机器厂、上海机械学院、东北重型机械学院等单位的有关技术人员集体编写。刘明延(研究员级)、吕汉耀、孙启醒(研究员级)、马重光高级工程师任主编。参加审稿人员有:吕汉耀、杨景春、谢云岫高级工程师。参加本书组织管理工作的还有石改玉同志。

本书由机械部科技信息院重大装备信息中心负责编辑出版。本书的责任编辑有:洪如娟、杜永华、白杰茹、潘奇、梁兴江等。本书在编写出版过程中得到了各参加编写单位和机械工业出版社的大力支持和帮助,特表示衷心的感谢。由于我们的水平有限,书中一定会有不少缺点和错误,恳请读者予以批评指正。

编 者

编写人员

- 第1章 概述 杨景春 马重光 吕汉耀 谢云岫
- 第2章 焊接 王士云 王国斌 杨桂馨 才立华 韩志 所永滨 张胜军
- 第3章 铸造 阎生德 黎雅茹 刘玉华 王雨震 张绍宝
- 第4章 锻造 贾吉存 罗翔宇 赵林
- 第5章 热处理 王宝忠 李长荣
- 第6章 无损检验 赵湛
- 第7章 机械加工 徐国明 胡英显 陈在湘 杨瑞荣 张世忠 刘昕宇
郑丽于洋
- 第8章 装配 华承丰 张世忠 马民 程志家 陈在湘 杨瑞荣 李文涛
赵力平 吴忠铃
- 第9章 配管 李光普 李域雄
- 第10章 产品的质量检查 陈文忠 宁占先 洪名国
- 第11章 板坯连铸机的合作制造 马重光 白明华 李维城
- 第12章 粗细计划及计算机辅助管理 韩继晔 崔占奎 周荣滋
- 第13章 产品的质量控制 贾世民
- 第14章 大型成套设备合作制造的对外谈判与签约 马重光 孙启醒

目 录

前言

第1章 概述

1 大型板坯连铸机制造的主要特点	1
2 大型板坯连铸机的制造工艺要点	2
2.1 毛坯制造	2
2.2 表面热处理	4
2.3 零件打印	4
2.4 机械加工	4
2.5 产品装配与试运转	7

第2章 焊 接

1 备料技术要求	12
1.1 零件下料图绘制要领	12
1.2 气割标准及其规定	12
1.3 气割工艺	14
1.4 弯曲成型	16
2 装配与焊接	19
2.1 组装的一般要求	19
2.2 装配作业的一般规则及步骤	19
2.3 装配和点固焊的注意事项	20
2.4 焊接接头装配公差	20
2.5 焊接尺寸的允许偏差	21
2.6 焊缝外观质量检验标准	22
2.7 预热和焊后热处理	24
2.8 二氧化碳气体保护焊	27
3 变形及矫正方法	33
3.1 变形的基本形式	33
3.2 变形矫正方法	34
3.3 典型件变形的矫正要领	35

第3章 铸 造

1 概述	76
2 铸钢件通用技术要求和验收标准	76
2.1 化学成分和机械性能	76
2.2 外观检查	76
2.3 无损探伤	77

2.6 配管	8
3 板坯连铸机的涂装与防锈	9
3.1 涂装要点	9
3.2 防锈要点	10
4 板坯连铸机设备的包装	11
4.1 包装的目的	11
4.2 包装要点	11
4 典型结构件组焊工艺	38
4.1 300t钢水包	38
4.2 中间罐本体	43
4.3 QC台本体	45
4.4 结晶器冷却水箱	50
4.5 短边压板	52
4.6 支撑导向段前架体	53
4.7 扇形段上下框架	53
4.8 铸坯过跨台车车体	61
4.9 钢包回转台回转臂	65
5 导辊堆焊	67
5.1 堆焊技术要求	67
5.2 堆焊用专用设备和附具	67
5.3 带极埋弧自动堆焊工艺	70
5.4 堆焊层缺陷的手工修焊工艺	74
5.5 焊后热处理	75
5.6 堆焊导辊的质量检查	75
2.4 尺寸检查	77
3 铸造工艺方案的选择	78
3.1 浇注位置的选择	78
3.2 分型面的选择	78
3.3 浇注系统的开设	79

3.4 冒口的设计	80
3.5 冷铁和铸筋的使用	81
4 引锭杆头的铸造	82
4.1 引锭杆头验收标准	82
4.2 引锭杆头铸造工艺方案的选择	83
4.3 引锭杆头铸件的研制	84
5 5.3m ³ 渣罐的铸造	87
5.1 铸造方案、工艺参数的选择	87
5.2 铸造工艺的实施	90
5.3 渣罐钢的冶炼	91
5.4 提高渣罐铸造质量的主要措施	92
6 铸坯移送台车车轮的铸造	93
6.1 车轮验收标准	93

6.2 车轮铸造方案的选择	93
6.3 车轮铸件的研制	94
7 300t盛钢桶耳轴座的铸造	95
7.1 耳轴座验收标准	95
7.2 耳轴座铸造方案的选择	95
7.3 耳轴座铸件的研制	97
8 本体的铸造	97
8.1 本体铸造方案的选择	97
8.2 确保本体铸造质量的措施	98
9 结晶器铜板的铸造	98
9.1 铬锆铜合金铜板的技术要求	98
9.2 铬锆铜合金的熔炼	99
9.3 铬锆铜合金的铸锭	100

第4章 锻 造

1 概述	102
2 堆焊辊母体的锻造	102
2.1 材料性能和制造要求	102
2.2 堆焊辊母体堆焊前的制造工艺路线	103
2.3 冶炼与铸锭	104
2.4 锻造工艺要点	107
3 齿轮轴和齿条的锻造	110
3.1 材料性能和制造要求	110
3.2 制造工艺路线	110
3.3 锻造工艺要点	110
4 伞齿轮的锻造	112
4.1 材料性能	112

4.2 制造工艺路线	112
4.3 锻造工艺要点	112
5 耳轴的锻造	113
5.1 材料性能	113
5.2 制造工艺路线	114
5.3 锻造工艺要点	114
5.4 无损检验	114
6 碟形弹簧的锻造	115
6.1 材料性能	116
6.2 制造工艺路线	116
6.3 成型工艺要点	117
6.4 强化工艺	117

第5章 热 处 理

1 概述	119
1.1 连铸机零件热处理的特点	119
1.2 连铸机零件热处理常用工艺	120
1.3 热处理工艺的制订	122
1.4 机械性能检验	123
2 导辊的热处理	125
2.1 材料的选用及技术要求	126
2.2 堆焊导辊的种类及规格	127
2.3 工艺流程及有关要求	128
2.4 取样方法	129
2.5 堆焊导辊的热处理	130
2.6 KRc32导辊的热处理	132
3 伞齿轮的热处理	133

3.1 材料的选用及技术要求	134
3.2 工艺流程	135
3.3 热处理	135
4 齿轮轴的热处理	138
4.1 材料的选用及技术要求	139
4.2 工艺流程	140
4.3 热处理	140
5 铸钢件的热处理	142
5.1 材料的选用及技术要求	142
5.2 一般铸钢件的热处理	143
5.3 引锭杆头的热处理	143
5.4 渣罐的热处理	145
6 引锭杆各链节的热处理	146

6.1 材料的选用及技术要求	146
6.2 链节的种类及数量	146
6.3 工艺流程	147
6.4 取样数量及方向	147
6.5 热处理	147
7 轴承圈的热处理	148
7.1 材料的选用及技术要求	148
7.2 轴承圈的简图及淬火部位	148
7.3 工艺流程	149
7.4 滚道面中频淬火	149
7.5 淬火结果检验	151
8 环类零件的化学热处理	151
8.1 材料的选用及技术要求	151
8.2 软氮化	152
8.3 氮化	152
9 结构件的热处理	153

9.1 材料的选用及技术要求	153
9.2 一般结构件的焊后退火	153
9.3 奥氏体不锈钢的焊后退火	154
9.4 结晶器顶杆的防锈退火	155
9.5 中间罐本体的退火处理	155
9.6 低压储气罐的局部退火	155
10 铜合金件的热处理	156
10.1 材料的选用及技术要求	156
10.2 工艺流程	157
10.3 热处理	158
11 其它典型零件的热处理	159
11.1 导柱的热处理	159
11.2 $\phi 400\text{mm}$ 辊子的热处理	161
11.3 齿条的热处理	161
11.4 导轨的热处理	163
11.5 偏心轴的热处理	163

第6章 无损检验

1 锻件超声波检验	165
1.1 仪器设备	165
1.2 锻件超声波检验标准	170
1.3 辊子超声波探伤典型工艺规程	170
1.4 锻件超声波检验判定标准与国外标准比较	171
2 铸钢件超声波检验	174
2.1 铸钢件超声波检验标准	174
2.2 铸钢件超声波探伤工艺规程	174
2.3 铸钢件超声波检验特点	175
3 磁粉检验	177
3.1 磁化方法	177

3.2 磁粉检验方法与标准	178
3.3 磁场强度的选定	179
3.4 辊子类磁粉检验规程	181
4 渗透检验	182
4.1 渗透检验的准备	182
4.2 渗透检验	184
4.3 缺陷显示痕迹的等级分类	186
4.4 渗透检验后处理	187
5 结构件焊缝无损检验	187
5.1 焊缝超声波检验	187
5.2 焊缝的磁粉检验	191

第7章 机械加工

1 大型零件划线	195
1.1 划线工具	195
1.2 大型架体零件一次找正划线法	196
1.3 超大型零件在普通地面上划线法	198
2 辊子加工	200
2.1 辊道用辊子	200
2.2 堆焊不锈钢辊子	201
3 轴承座加工	202
4 活塞环加工	204
5 丝杠加工	206

5.1 扇形段导向柱	206
5.2 丝杠轴	208
6 齿条加工	209
6.1 垛板台中M30齿条	209
6.2 推钢机中M18齿条	212
7 结晶器水箱加工	214
7.1 冷却水箱	214
7.2 短边压板	216
8 结晶器调宽装置中主要件加工	217
8.1 回转块	217

8.2 导向套	219
8.3 导向套和回转块组合后方孔的加 工	219
9 架体零件加工	219
9.1 扇形段 2 上框架	220
9.2 QC 台本体	221
9.3 250mm 支撑导向段前架体	222
9.4 香蕉座	223
10 结晶器铜板加工	225
10.1 斜面形长边铜板	225
10.2 外弧面(凹弧)长边铜板	228
11 引锭杆车主要件划线和加工	230
11.1 左右走行车架	230
11.2 左右导向架	231
11.3 前后导向架中间	231
12 中间罐车关键零件加工	232
12.1 箱形架	232
12.2 称量箱	234

12.3 支柱(2)	236
12.4 支持杆	238
13 中间罐本体典型件加工	240
13.1 中间罐本体	240
13.2 球面座(2)	241
14 引锭杆关键零件加工	242
14.1 引锭杆头	242
14.2 H 形链	245
15 钢包回转台关键零件加工	245
15.1 回转轴承的三个关键零件	245
15.2 钢包回转台台架	247
16 钢坯移送台车关键零件加工	247
16.1 车轮	247
16.2 圆盘辊子	248
16.3 传动轴(2)	248
16.4 驱动侧纵梁(1)和边梁(5)	248
16.5 支承梁	249

第 8 章 装 配

1 钢包车的装配	250
1.1 钢包车的技术性能	250
1.2 驱动装置的装配	250
1.3 干油润滑配管的装配	251
2 钢包回转台的装配	251
2.1 钢包回转台的技术性能	251
2.2 盘式制动器装置的装配	252
2.3 回转臂应力测试	253
2.4 称量装置的装配	254
2.5 回转台传动齿轮啮合位置的调整与 控制	254
2.6 水平检测器检验回转臂的运行精度	255
2.7 钢包回转台主要件总装顺序	256
2.8 总装试验	258
3 中间罐车的装配	258
3.1 中间罐车的技术性能	258
3.2 主要部件	259
3.3 装配工艺性分析	259
3.4 主要零部件装配要点	260
3.5 总装调整及尺寸精度检测	263
3.6 空载及负荷试运转	263
4 引锭杆的装配	264

4.1 引锭杆的作用及结构	264
4.2 引锭杆头的装配	264
4.3 引锭杆链的装配	265
4.4 总装配	265
4.5 装配精度的检验	266
5 结晶器的装配	267
5.1 结晶器的结构及其运动机构	267
5.2 装配、试车的技术要求	267
5.3 结晶器内外弧侧水箱的清理	270
5.4 结晶器长短边铜板的装配	270
5.5 结晶器调宽装置的装配	271
5.6 结晶器外弧侧水箱的定位	279
6 快速更换台的装配	279
6.1 快速更换台的结构及其传动系统	279
6.2 快速更换台的性能及装配技术要 求	281
6.3 本体的冲洗	282
6.4 水压试验	282
6.5 振动检测装置及检测方法	285
6.6 相位调整接手及其调整方法	287
6.7 关于振动波形问题	288
6.8 快速更换台的连续试运转	289

7 支撑导向段的装配.....291	10.4 辊道的试运转328
7.1 支撑导向段的结构.....291	11 移栽机的装配329
7.2 支撑导向段的性能、技术要求.....293	11.1 几种总装配方案330
7.3 支撑导向段装配中的水压试验.....293	11.2 总装需控制的几个关键问题330
7.4 后框架的装配.....295	11.3 试运转331
7.5 支撑导向辊子在对中台上的对中.....297	12 局部清理输送机的装配331
7.6 后框架的配管.....299	12.1 结构及技术要求331
7.7 支撑导向段总装后辊子开口度的检测.....300	12.2 局部清理输送机上部的装配333
8 扇形段的装配.....300	12.3 局部清理输送机下部的装配333
8.1 扇形段的结构、技术性能和技术要求.....300	12.4 传动装置的装配333
8.2 装配的水压试验.....300	12.5 传动轴与其轴瓦的接触334
8.3 扇形段对中台的装配.....304	12.6 铜轴瓦的夹帮问题335
8.4 扇形段的三分段辊及上、下框架在对中台上的对中.....306	12.7 打印335
8.5 总装及调整方法.....308	12.8 试运转336
8.6 总体起吊试验.....312	13 引锭杆车的装配336
9 铸坯过跨台车的装配.....313	13.1 引锭杆车的结构及技术性能336
9.1 铸坯过跨台车的技术性能与技术要求.....313	13.2 主要部件装配337
9.2 装配中的关键问题.....314	13.3 性能试验340
10 辊道的装配316	14 基础框架的装配341
10.1 单独传动辊道的装配316	14.1 结构341
10.2 集中传动辊道的装配320	14.2 QC台底座的装配342
10.3 升降传动辊道的装配327	14.3 №1、№2基础框架综合尺寸检验344
	14.4 香蕉座安装尺寸检验346
	14.5 扇形段管连接装置的装配348
	14.6 基础框架的总装349

第9章 配管

1 概述.....350	4.1 预制品图的特点.....366
1.1 机器配管的重要性、可靠性及美观性.....350	4.2 预制品图(正等轴侧图)与正投影三视图的比较.....366
1.2 大型板坯连铸机配管的特点.....350	4.3 预制品图中管路零部件的表示方法.....367
1.3 配管工艺流程图及配管工作要点.....352	4.4 配管预制品图的画法举例及说明.....368
2 配管通用技术.....353	5 各种管路的配制.....369
2.1 配管弯制通用技术.....353	5.1 干油润滑管路的配制.....369
2.2 配管焊接通用技术.....357	5.2 油压(包括稀油润滑)管路的配制.....373
3 配管用的设备和工具.....361	5.3 冷却水及喷水管路的配制.....377
3.1 配管用主要设备和工具.....361	6 配管施工中的安全事项.....379
3.2 介绍几种配管工具的结构及使用方法.....363	6.1 配管注意事项.....379
4 配管预制品图的应用.....366	6.2 焊接注意事项.....379
	6.3 试压注意事项.....380

第10章 产品的质量检查

1 概述.....	381	3 主要产品的检查.....	385
1.1 检查的定义.....	381	3.1 钢包回转台.....	385
1.2 检查的种类.....	381	3.2 结晶器.....	386
1.3 检查的判定标准.....	381	3.3 快速更换台.....	389
1.4 检查项目.....	382	3.4 支撑导向段.....	391
2 检查技术资料编制.....	384	3.5 引锭杆车.....	394
2.1 检查项目表.....	384	3.6 扇形段.....	396
2.2 出厂前检查标准.....	384	3.7 推钢机.....	399
2.3 检查要领书.....	384	3.8 垛板台.....	401
2.4 检查成绩表.....	384	3.9 移栽机.....	403
2.5 质量检查合格证.....	384	3.10 C ₂ 辊道.....	405

第11章 板坯连铸机的合作制造

1 板坯连铸机合作生产的内容与效果.....	409	2.3 大型成套设备合作生产各阶段的管	
1.1 合作生产的基本内容.....	409	理工作要点.....	422
1.2 板坯连铸机合作生产的主要特点.....	410	3 板坯连铸机合作制造的计算机辅助管	
1.3 板坯连铸机合作生产的目标决策.....	414	理信息系统.....	428
1.4 板坯连铸机合作生产的实施效果.....	418	3.1 面向用户的项目管理软件包(CCP-	
2 大型成套设备合作生产管理工		USR).....	429
作要点.....	419	3.2 面向系统员的数据管理和维护软件	
2.1 管理体系.....	419	包(CCPSYS).....	430
2.2 装备制造部门在工程建设各阶段的		3.3 PERT/CPM网络计划调度程序.....	430
基本任务.....	421		

第12章 粗细计划及计算机辅助管理

1 粗细计划.....	432	的意义和作用.....	442
1.1 粗细计划的概念.....	432	2.2 计算机系统应用程序设计.....	442
1.2 粗细计划的基本内容.....	432	2.3 应用计算机编制粗细计划的原则.....	444
1.3 编制计划前的准备工作.....	433	2.4 计算机辅助管理的准备工作.....	445
1.4 粗计划的编制.....	433	2.5 应用程序设计.....	449
1.5 细计划的编制.....	436	2.6 细计划数学分配模型的制定及应用	
1.6 特殊计划.....	440	——定额滚动计划平衡表.....	452
1.7 技术组织措施计划.....	441	2.7 热加工生产中的计算机辅助管理.....	455
2 计算机辅助管理在粗细计划管理系统		2.8 焊接生产中的计算机粗细计划管理.....	456
中的应用.....	442	2.9 计算机辅助管理输入输出修改原则.....	459
2.1 计算机信息系统在计划管理中应用		2.10 粗细计划管理信息反馈.....	461

第13章 产品的质量控制

1 产品质量控制的思路与目标.....	464	1.2 产品质量控制的目标.....	464
1.1 产品质量控制的基本思路.....	464	2 产品质量控制的必要条件.....	465

2.1 建立组织, 明确职责	465	4.4 制造过程的质量信息与质量改进	477
2.2 生产技术准备	467	5 使用过程的质量控制	479
3 产品设计过程的质量控制	470	5.1 用户服务工作的意义	479
3.1 严格执行设计程序, 认真做好早期报警工作	470	5.2 明确用户服务项目	479
3.2 对设计更改的要求	470	5.3 建立用户服务档案	479
3.3 对材料代用的要求	470	6 产品质量控制评价	479
3.4 对产品质量特性重要性分级的要求	471	6.1 评价的作用与评价方式	479
4 产品制造过程质量控制	473	6.2 改进与考核	480
4.1 制造过程质量控制的基本原则	473	7 质量文件	480
4.2 工序质量控制	473	7.1 质量保证手册	481
4.3 制造过程中重点控制事项	475	7.2 建立管理制度与工作程序	481
		7.3 质量文件的管理	481

第14章 大型成套设备合作制造的对外谈判与签约

1 对外技术合作的基本方式	482	6 技术谈判和商务谈判	497
1.1 买制造权	482	6.1 技术谈判	498
1.2 一次性合作	483	6.2 商务谈判	507
1.3 用市场换技术	483	7 设备分交谈判	511
1.4 全面合作	483	7.1 分交设备的基本类型	511
2 合作制造的责任关系	484	7.2 设备分交谈判的程序和做法	512
2.1 由中方总负责的直线合同关系	484	7.3 设备分交谈判中应注意的几个问题	513
2.2 由外商总负责的直线合同关系	485	8 对外谈判中应注意的几个共性问题	514
2.3 三角合同关系	487	9 大型成套设备合作制造项目的评标择优	516
2.4 三种合同模式的概略比较	488	9.1 成套设备合作制造项目的评标指标体系	516
3 关于谈判的一些基本观念	489	9.2 目前常用的评标方法	517
4 对外技术合作谈判的一般程序	491	9.3 层次分析评标法	519
5 对外谈判的准备工作	493	附录一 技术合作合同附件的基本内容与参考格式	530
5.1 组建谈判队伍	494	附录二 合作产品供货合同附件的基本内容与参考格式	540
5.2 确定合同体系与合同结构	495		
5.3 调查研究, 搜集资料	496		
5.4 确定引进技术与合作制造的初步方案	496		
5.5 拟订谈判计划	497		

第1章 概 述

板坯连铸机是现代钢铁企业中的一种重要的大型成套技术装备。它被用来将炼钢厂产出的钢水,连续地生产成为一定规格的优质板坯,供给轧钢厂轧制钢板或成卷带钢。

作为宝钢二期工程三大主体项目之一的1900mm板坯连铸机,整套机械设备总重约 $28 \times 10^3\text{t}$ 。此外,还有电气设备、仪表设备、计算机设备和各种辅助设施,单机设备(台套)数以千计,像这样一类复杂的系统工程要想顺利完成设备制造,确保质量和进度,没有一套科学的工艺方法、严格的工艺纪律和严密的管理措施是很难想像的。

我国机电工业采取“引进技术,合作制造”的方针,与外商合作制成了宝钢板坯连铸机成套设备。其中,中方承制的合作产品为399台(套)、共9487t。紧接着又合作制造了鞍钢板坯连铸机。并且通过消化吸收引进的技术,使随后建设的攀枝花钢铁公司和舞阳钢厂两套世界水平的大型板坯连铸机基本上实现了国产化。宝钢板坯连铸机的合作制造,是一次具有重大意义、得到了丰硕成果的可贵的实践。

1 大型板坯连铸机制造的主要特点

1. 板坯连铸机是复杂的大型成套设备,它的设备组成种类繁多,技术要求高,成套难度大。就整套设备来说,总的制造周期较长;但对每台单机设备而言,制造周期往往又很短。

2. 板坯连铸机兼有冶炼设备和轧钢设备的特点,它的工作环境恶劣,要在高温、重负荷下长时间连续运转,并受到大量水雾、蒸汽、氧化铁皮等的包围和威胁。一个零件出问题,往往导致全线瘫痪或酿成严重事故。整个连铸生产线必须保证高度安全可靠地稳定运行,因此对设备设计和制造提出了一系列苛刻的要求。主要零件要求具有很高的强度、刚度、韧性和耐磨性,有些还必须在反复激冷骤热交变作用的条件下承受剧烈的摩擦、弯曲和扭转。这样就对不同零件的材质和冷、热加工分别提出了一系列特殊要求。有些零件要作多种无损检测,有些要采用特殊工艺进行热处理或表面堆焊,有些精度要求高、形状复杂或须具备互换性的零件要用数控机床或精度较高的机床加工。

3. 在板坯连铸机成套设备中,采用焊接结构的零件约占设备总重的60%,而且结构复杂,焊缝质量要求很高。制造厂必须拥有规模较大的金属结构车间和完善的焊接设备,如数控切割机或光电切割机、等离子切割机(用于不锈钢板切割)、二氧化碳气体保护焊机、氩弧焊机、辊子堆焊机、焊接体转位胎具,以及铜材预处理或焊接体后处理喷丸设备等。

4. 板坯连铸机中有一定数量的大尺寸零件,如:钢包回转台的转臂,长20m、宽10m、高2.8m,重138.7t;钢水包,高5.22m、直径 $\phi 5.22\text{m}$,两耳轴外端面距离6.8m。这类大件除需占用大型加工设备外,还需要考虑生产和发货中的起重、运输等问题。

5. 板坯连铸机中有一些关键零件是采用特殊材料制造的。例如结晶器铜板,材质为铜铬合金或铜银合金,在冶炼、锻造、热处理以及机械加工当中均须采取一些特殊措施,加工之后还要对其工作表面镀镍和镀铬;又如连铸机二冷段的大量的堆焊辊子,母材为20CrNiMoAlV,性能化学成分要求非常严格,冶炼、锻造、热处理都有一套专门的工艺。辊面

堆焊用的耐热不锈钢焊带材质为Cr13NiMo, 须采取专用的堆焊工艺与设备。

6. 为了保证连铸机能在高温条件下长期正常工作, 并使铸坯在结晶器和二冷段内得到必要的冷却, 板坯连铸机有很多零部件需要通入循环水从内部冷却, 其中大量的二冷段导辊还须在转动过程中通水内冷。上述零部件的水冷部位, 必须保证在一定的通水压力下不得有泄漏, 亦不应被氧化铁皮等杂物堵塞。对这些零部件的结构设计、密封措施、加工装配、检查和试车, 都要注意此点。

7. 板坯连铸机中用来盛装和运输大量钢水的一些设备, 如钢水包、钢包回转台和中间包等, 一旦发生事故其后果不堪设想。因此, 必须保证它们的生产运行十分安全。在制造过程中, 对它们的材料、零件和焊缝, 必须进行极为严格的检查和探伤。并须采取措施消除焊接残留应力, 防止在长期热负荷运转中发生变形或裂纹。

8. 板坯连铸机中管路特别多, 除润滑、液压、气动管路外, 还有大量的通水内冷和外部喷淋管路。从结晶器到二冷段的每台单机, 各样管路密密层层、纵横交织, 其它设备上也有不少管路。制造过程中的配管工作量很大, 技术要求也高。必须保证各管路畅通无泄漏, 并做到配管横平竖直、排列整齐、走向清晰、外观漂亮。为此要具有一支技术素质较高的专业队伍, 并配备齐全适用的配管工器具, 如弯管机、手动弯管器、切割机、手动切管器、氩弧焊机、车床等。配管施工要改变过去的观念和习惯做法, 要对配管事先出图、分段预制, 弯曲加工成型, 并做好内部酸洗、清洗, 通过通路及压力试验, 合格后方能进入总装。

9. 从整套设备来说, 板坯连铸机属于单体订货生产的产品。但在每套板坯连铸机当中, 相同或相似的零件很多, 例如二冷段的导辊、各种辊道的辊子、大量的轴承座, 以及环、套、盖类等零件。因而可以组织批量生产、成组加工等来提高效率和质量。在批量投产前, 还应组织首件试制。

2 大型板坯连铸机的制造工艺要点

2.1 毛坯制造

2.1.1 铸锻件

1. 结合国内和本厂实际条件正确地选择毛坯种类 选择毛坯的首要条件是确保制成零件的使用性能和质量, 同时还要考虑制造加工的可行性和经济性。当合作制造的产品系由外商负责设计时, 国内承制厂还要根据本国和本厂的具体条件来最终确定毛坯种类。例如板坯连铸机结晶器调宽装置中的回转块和轴承箱体, 国外设计均选用铸钢件(材质分别为ZG35Ⅱ和ZG35CrMo)。这两种关键零件的内在质量要求极严, 探伤标准接近于锻件。如果铸造质量一时达不到要求, 对这类为数不多的零件可以改用锻件毛坯。这样虽要增加一定的成本和加工量, 但能确保产品的内在质量。

2. 铸钢件须进行整形处理 板坯连铸机中的铸钢件, 无论是内部或表面质量要求都较严格。内部须进行超声波探伤, 表面要作磁粉或着色检查, 有的还要做水压试验。因此, 铸钢件在粗加工后应安排整形工序, 进行修补、打磨, 消除表面缺陷, 达到平整光滑。对箱体、箱盖类对合零件要修整其对合边缘不重合部位, 使其上下一致整齐美观。然后要进行热处理, 消除粗加工和补焊应力。还要喷丸除去氧化皮, 吹净铸钢件表面的粉尘, 并在喷丸后6 h内涂上底漆, 防止发生锈蚀。

3. 在确定批量件的毛坯制造工艺方案时应进行价值工程分析以提高经济性 对板坯连

铸机中有一定批量的零件,合理选择其毛坯制造工艺方案可以获得显著经济效益。例如数以千计的二冷段导辊,将单根辊子锻造改成两根辊子合锻一根长的毛坯(单根辊子长为655~895mm不等),可以减少许多深孔加工工艺卡头和热处理性能试样。宝钢板坯连铸机中的1500根辊子,经过价值工程分析采取二根合锻方案,使毛坯制造成本降低了26.4万元;又如成套板坯连铸机二冷段中的大量轴承座,如果选用锻件加工,将占用许多机床台时并浪费很多金属材料。如有条件解决特厚钢板,采用厚板切割毛坯,可以大大提高效率,降低加工成本。在设计许可时,亦可考虑采用初轧厂轧制的板坯来切割成毛坯。

2.1.2 焊接体

1. 板坯连铸机中焊接结构件很多,下料切割钢材应注意合理排料,提高钢材利用率。
2. 钢板下料及坡口成型要采用数控切割机或光电跟踪仿形切割机切割。不锈钢板要用等离子切割机切割;若没有等离子切割机,可采取剪切或切割方法下料。

3. 要特别注意不锈钢板与普通钢板、不锈钢管与普通钢管的焊接。这些异种材料的焊接很容易出现裂纹(国外制造厂亦如此),应严格按照标准和工艺规范进行焊接、检查、探伤和验收。

4. 大型焊接架体在焊装时一定要进行多次校正,严防变形过大。应保证有足够的加工余量,同时把加工后钢板的减厚量控制在图纸规定板厚的10%以内。

5. 对有通水冷却的框架如结晶器支撑框架、冷却水箱、短边压板、振动台、快速更换台本体等,焊后应做水压试验,保证无渗漏。否则在机械加工完毕进行装配时,水压试验发现渗漏再作处理,易使加工面变形和受损,并会影响完工进度。

6. 框架和箱体类零件在组装焊接时和喷丸除锈之后,内腔必须清理干净,不得残留焊渣、焊瘤和其它异物,否则在连铸机运行中容易阻塞水路造成事故。

7. 框架和箱体类零件如结晶器支撑框架、支承导向段框架、快速更换台框架、振动台框架、扇形段框架等,内部冷却水管弯管多,管内清理非常困难。应参照图1-1所示方案,在组装焊接前先对管口加盖或加帽予以保护,防止焊接、喷丸处理和机械加工时落入飞溅焊渣、砂子、切屑或其它异物。待机械加工完成后,在装配前将这些盖、帽除掉。

8. 焊接件焊后应进行喷丸处理,除净锈皮和其它杂物,并在喷丸后6 h内涂好底漆,防止再生锈蚀。

2.1.3 特殊材质的零件毛坯

1. 堆焊辊子 二冷段的大量的堆焊辊子是板坯连铸机的核心零件。辊子母体材质为20CrNiMoAIV,辊面堆焊层材质为Cr13NiMo,精加工后的堆焊层厚度为4.5mm。大型板坯连铸机每一流的在线辊子有500余根,连同线外更换件及备品共约1500根(每流)。辊子材料、

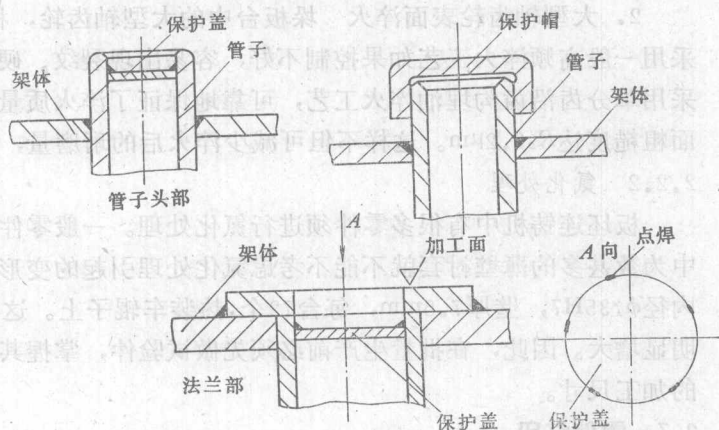


图1-1 焊前对管口加盖或帽

工艺都比较特殊,技术要求苛刻,制造难度较大。对炼钢、锻造、热处理、粗加工堆焊、探伤检查等工序均须先安排试制,工艺成熟稳定后才能展开批量生产。

2. 结晶器铜板 这也是板坯连铸机的核心零件,材质为铜铬铝合金,亦可选用含银轧制铜板。铜板工作表面精加工后先镀一层厚镍($\geq 3.3\text{mm}$),外面再镀一层薄的铬(0.03mm),铜板的冶炼、锻造(或轧制)、热处理都有一些特殊要求,国外系由专业厂家生产铜板毛坯,国内需通过试制掌握其制造工艺。

2.2 表面热处理

2.2.1 表面淬火

板坯连铸机中需要表面淬火的零件不下几十种,其中有些零件的淬火工艺,以往在我国尚属技术空白。掌握它们的表面淬火工艺,是板坯连铸机制造技术难点之一。

1. 大模数伞齿轮表面淬火 连铸机集体传动辊道的伞齿轮,材质42CrMo,模数为M18,齿数 $Z=24$,齿面淬硬深度 $2\sim 3\text{mm}$,要求硬度 $55\sim 61\text{HS}$,沿齿面全长、全高均匀淬硬。

由于伞齿轮的齿宽与齿高沿齿长方向是变化的,要想得到均匀的淬硬层相当困难。在目前可供选择的几种表面淬火方法中,沿齿沟移动式淬火效果最理想,难度也最大,需要摸索掌握淬火工艺,并使用专门的淬火工具。

由于齿面淬火后难以加工,这种伞齿轮(精度8~9级、齿面粗糙度 $R_{a3.2\mu\text{m}}$)淬火前应进行跑合研齿,使齿面接触淬和粗糙度达到要求。这批伞齿轮的内孔为 $\phi 150\text{RT}$,圆度允差 0.018mm 。表面淬火过程中应控制变形,不使超差。

2. 大型轴齿轮表面淬火 垛板台中的大型轴齿轮,材质42Cr,模数M30,齿数 $Z=20$ 。采用一般高频淬火工艺如果控制不好,容易出现裂纹、硬度不均匀和应力变形等缺陷。我国采用单分齿沿齿沟埋油淬火工艺,可靠地保证了淬火质量。淬火前铣齿后应进行珩齿,使齿面粗糙度达 $R_{a3.2\mu\text{m}}$ 。这样不但可减少淬火后的珩磨量,还有利于防止淬火时产生裂纹。

2.2.2 氮化处理

板坯连铸机中有很多零件须进行氮化处理。一般零件氮化后的变形量极小,但对连铸机中为数甚多的薄壁衬套就不能不考虑氮化处理引起的变形。例如支承导向段辊子端部的衬套内径 $\phi 135\text{H7}$,壁厚 7.5mm ,每台72个,热装车辊子上。这种薄壁套经氮化后,内孔与外圆均明显增大。因此,在批量生产前必须先做试验件,掌握其变形规律及变形量,按此控制零件的加工尺寸。

2.3 零件打印

有些零件在制造过程中,要求对毛坯材质检查、尺寸外观检查或通水耐压试验等进行特别管理。对这些零件要用钢字头打印,并按打印记号进行记录、传递和管理。

打印按设计规定进行。前工序打好的印记若被后工序切削掉了,后工序操作者须重新补打印记。

2.4 机械加工

2.4.1 划线

制造厂应配备精度较高的大型划线平台。其平面度应保证在 $0.2\sim 0.25\text{mm}$ 以上,并须定期检查 and 调整。平台上刻出 $500\text{mm}\times 500\text{mm}$ 的棋盘格子线,可以方便划线找正与测量。同时还需要配备适当的划线工具,如垂直方箱、可纵横移动的千斤顶等。有条件时可采用划线机,进一步提高划线质量与效率。

1. 焊接结构件的划线 为了避免大型复杂结构件在加工时出现废品和废品,划线时应仔细检查结构件的外形尺寸、加工余量、板厚容许值、找正基准,还要检查板的位置是否正常、有无漏装及焊接不良等情况,并须周密考虑基准线的选取以及划线方法等。

特别应该注意的是,对于结构件上大量的通水冷却管子的接口部位,一定要严格检查对合位置精度,保证它们的中心不重合度 $\leq \pm 3\text{mm}$ (图1-2)。否则很容易在接口处发生泄漏。

2. 铸锻件的划线 对于形状简单的铸锻件如轴、套、盖等类毛坯,可不划线或只作简单划线,主要靠机床上找正;对于大型铸锻件和复杂件,应按结构件的类似原则划线。

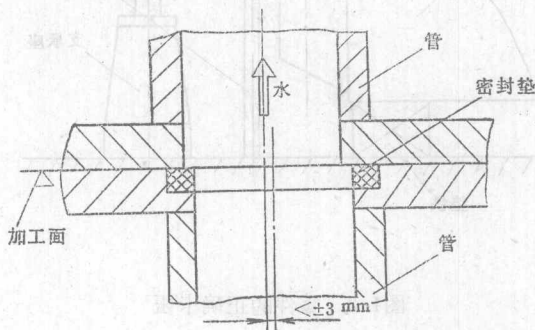


图1-2 冷却水管的接口部位

2.4.2 加工基准面的选择

首先要充分了解被加工零件在产品中的功能及其装配状态,据此选择整体的基准面位置,然后再考虑各道工序的基准面,而各工序应尽可能采用同一个共用基准面。

选择基准面应遵循下述原则:

1. 后道工序应以前道工序的加工面为基准面;
2. 选择零件最重要和最稳定的面作为主要基准面,并尽可能使之成为各工序的共同基准面;
3. 对于焊接结构件应有效灵活地应用工艺焊块。当零件在平台上装卡时没有合适的工艺基准面,或为了防止加工时变形,以及在加工时不能直接行进找正或测量时均可利用工艺焊块。工艺焊块应在前道工序加工好,作下道工序的基准面。

2.4.3 零件的装卡

1. 对初上机床的箱体、架体类零件毛坯,装卡时可利用可调垫铁支承工件调整水平。但精加工时其装卡基准必须选择已加工面,工件支承应选用精度较高的等高垫铁,配以不同尺寸的薄调整垫片来调整工件的水平度。严禁在精加工时使用可调垫铁或楔铁支承工件。

2. 卡压零件时 (图1-3), 应使压板保持水平状态 (支承座与工件压紧处等高)。压紧螺栓的位置应保持距工件压紧处为 $1/3$, 距支承座为 $2/3$ 。

3. 零件压紧处下部必须垫实, 不能悬空; 零件在自由状态下, 装卡基准面和垫铁之间不得有空隙, 以防止卡压时使工件强制变形。

4. 对长、宽尺寸较大而高 (厚) 度较小的扁薄型零件, 例如结晶器支撑框架、振动台本体等, 最好是用龙门铣镗床加工。如用落地镗铣床或落地镗床对此类零件侧立加工, 则应充分利用弯板装卡工件 (图1-4), 以保证零件在加工时有足够的刚度。这时须注意:

- (1) a 面必须是已加工面, 下垫精度较高的等高垫铁 (四块)。
- (2) b 面为毛坯面时, 该面应采用可调垫铁; b 面为加工面时, 此处应采用等高垫铁, 或将垫铁卡在弯板上精铣一刀, 保持支承面与机床导轨平行, 再装卡工件。

零件找正紧固后, 应对其装卡精度再进行一次复检。