

电阻炉 操作与维护

王洪波 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

电阻炉操作与维护

王洪波 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2011

内 容 简 介

本书针对电阻炉的操作及维护保养,围绕操作人员所应掌握的相关知识,介绍了电阻炉结构、加热工艺及热传递特点、电阻炉温度测量及控制、真空测量与检漏、真空装置、智能温度控制器、电阻炉操作基础、电阻炉维护和保养、岛电 FP21 和山武 DCP31 智能温度控制器的操作技巧。

本书内容系统全面,图文并茂,具有较强的实用性,可供电阻炉操作人员上岗培训及平时阅读,也可供大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电阻炉操作与维护/王洪波编著. —北京:冶金工业出版社,2011.1

ISBN 978-7-5024-5391-6

I. ①电… II. ①王 III. ①电阻炉—操作
②电阻炉—维修 IV. ①TM924.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 196451 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 李 雪 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 侯 璐 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5391-6

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011 年 1 月第 1 版;2011 年 1 月第 1 次印刷

148mm×210mm;8 625 印张;254 千字;261 页

25.00 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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

电阻炉是把电能转换为热能的设备,具有结构简单、加热速度快、温度均匀性好、控温精度高、操作方便、环境污染小等特点,在材料的热处理工业中有着广泛的应用,有数以万计的人员从事电阻炉的操作工作。针对电阻炉操作人员上岗需要,本着“操作好设备”和“维护好设备”的思想,整理编写了这本电阻炉操作参考书。由于电阻炉种类很多,结构差异也较大,本书尽量抓住它们的共性,选择了具有代表性的箱式电阻炉、井式电阻炉和真空电阻炉,特别是对真空电阻炉的操作进行了较为详细的介绍。在选材上以实用性为主,仅涉及电阻炉操作工所用到的有关设备和仪表,介绍其操作、维护保养方法,力求通俗易懂,面向广大电阻炉操作人员。

本书共分10章,除第1章简要介绍了有关电阻炉热传递特点和加热工艺外,重点介绍了电阻炉结构、电热元件及其安装方式、电阻炉温度测量及控制、真空测量与检漏、真空装置、智能温度控制器、电阻炉操作基础、电阻炉维护与保养。最后还以岛电FP21和山武DCP31为例,介绍了智能温度控制器的操作方法。

本书是作者在多年从事电阻炉控制系统设计、操作及维护工作经验的基础上,参阅了有关方面的资料,编写而成的。其目的是为广大从事电阻炉操作人员提供参考,也可作为电阻炉操作人员上岗培训资料,希望能起到抛砖引玉的作用。本书在编写过程中,部分内容参考了相关书刊,在此向原作者表示感谢,同时也向对编写本书提供支持和帮助的人员表示感谢。

由于作者理论水平和工作经验有限,书中不妥之处恳请广大读者提出宝贵意见。

作 者

2010年5月

目 录

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 箱式和井式电阻炉	3
1.2.1 箱式电阻炉	4
1.2.2 井式电阻炉	6
1.2.3 耐火及保温材料	9
1.3 真空电阻炉	10
1.3.1 真空电阻炉的组成	11
1.3.2 真空电阻炉的特点	14
1.4 电热元件	16
1.4.1 电热元件的表面负荷及形状	16
1.4.2 常用电热材料及特点	17
1.4.3 常见电热元件的安装方式	19
1.5 电阻炉的热传递方式	21
1.5.1 热传递方式简述	21
1.5.2 电阻炉热传递特点	24
1.6 电阻炉加热工艺	25
1.6.1 电阻炉加热工艺特点	26
1.6.2 加热温度	27
1.6.3 加热速度	27
1.6.4 加热时间	28
1.6.5 加热裂纹的产生	29
复习思考题	30
2 电阻炉温度测量	31
2.1 温度测量方法	31

2.1.1 温度与温标	31
2.1.2 接触测量法	32
2.1.3 非接触测量法	33
2.1.4 温度传感器的类型	34
2.2 热电偶	35
2.2.1 测量原理	35
2.2.2 热电偶种类	36
2.3 电阻炉常用热电偶	38
2.3.1 铠装热电偶	38
2.3.2 热电偶的选择	41
2.4 热电偶参考端补偿与测量误差	43
2.4.1 补偿导线	43
2.4.2 参考端温度补偿	45
2.4.3 热电偶测温误差	46
2.5 热电偶的安装与使用	48
2.5.1 热电偶的安装	48
2.5.2 热电偶使用注意事项	50
2.6 热电偶常见故障	51
2.7 热电阻	52
2.7.1 铂热电阻	53
2.7.2 铜热电阻	53
2.7.3 金属热电阻的连接方式	53
2.8 非接触式温度测量	54
2.8.1 光学高温计	54
2.8.2 辐射式高温计	57
2.8.3 比色高温计	59
复习思考题	61
3 电阻炉温度控制	62
3.1 概述	62
3.2 通断加热控制	63

3.2.1 位式控制方式	63
3.2.2 时间比例控制方式	65
3.2.3 开关切换控制方式	66
3.3 晶闸管温度控制	66
3.3.1 晶闸管及其触发方式	67
3.3.2 晶闸管调节器	68
3.3.3 晶闸管调节器工作特性	70
3.3.4 晶闸管温度控制方式	71
3.4 变压器控制方式	73
3.4.1 电炉变压器控制方式	73
3.4.2 可控饱和电抗器控制方式	75
3.4.3 磁性调压器控制方式	77
3.5 计算机在温度控制中的应用	78
3.5.1 应用简述	78
3.5.2 计算机温度控制系统的组成	80
3.5.3 计算机温度控制过程	82
3.6 PLC 在温度控制中的应用	83
3.6.1 PLC 的控制作用	83
3.6.2 PLC 的组成	84
3.6.3 PLC 输入及输出应用实例	85
3.7 PID 控制	86
3.7.1 PID 控制原理	86
3.7.2 PID 参数的整定	88
3.7.3 PID 参数自整定	90
3.7.4 PID 参数的切换	90
复习思考题	91
4 电阻炉真空测量与检漏	93
4.1 真空	93
4.1.1 真空的概念	93
4.1.2 真空测量	95

4.2 真空压力表和电接点压力表	97
4.2.1 真空压力表	97
4.2.2 电接点压力表	99
4.3 热传导真空计	99
4.3.1 热传导真空计原理	99
4.3.2 电阻真空计	100
4.3.3 热偶真空计	102
4.4 热阴极电离真空计	104
4.4.1 热阴极电离真空计测量原理	104
4.4.2 电离真空计使用	106
4.4.3 电离真空计常见故障判断处理	107
4.4.4 复合真空计	108
4.5 真空电阻炉检漏	109
4.5.1 真空检漏	109
4.5.2 正压检漏法	111
4.5.3 负压检漏法	112
4.5.4 氮质谱检漏	113
复习思考题	115
5 电阻炉真空装置	116
5.1 真空泵	116
5.1.1 真空泵及其类型	116
5.1.2 真空泵的基本参数	117
5.2 机械泵	118
5.2.1 机械泵工作原理	119
5.2.2 气镇阀	120
5.2.3 机械泵的使用及故障处理	121
5.3 罗茨泵	125
5.3.1 罗茨泵工作原理	125
5.3.2 罗茨泵维护及故障处理	127
5.4 油扩散泵	128

5.4.1 油扩散泵工作原理	128
5.4.2 油扩散泵的使用与维护	132
5.5 分子泵	133
5.5.1 分子泵工作原理	133
5.5.2 分子泵的使用与维护	134
5.6 气体捕集器	137
5.6.1 机械捕集器	137
5.6.2 冷凝捕集器	138
5.7 真空阀门	139
5.7.1 真空阀门的作用及类型	139
5.7.2 常用真空阀门	140
复习思考题	144
6 智能温度控制器	145
6.1 智能温度控制器的特点	145
6.1.1 智能温度控制器特点概述	145
6.1.2 常用术语	148
6.2 常用工作方式	148
6.2.1 手动、自动工作方式	148
6.2.2 运行、保持和复位	149
6.3 常用设置功能	150
6.3.1 PV 启动和准备	150
6.3.2 等待和恢复	151
6.3.3 中断、跳步、测试	152
6.4 踏步(抑制)功能	153
6.4.1 设置踏步偏差	154
6.4.2 设置踏步时间和偏差	155
6.5 控制方式	156
6.5.1 程序控制	156
6.5.2 恒值控制	156
6.6 事件	157

6.6.1	事件的概念	157
6.6.2	时间事件	158
6.6.3	状态事件	159
6.7	报警	160
6.7.1	超限报警	160
6.7.2	偏差报警	161
6.7.3	绝对值报警	162
6.7.4	变化率报警和阻塞报警	162
6.8	常用参数设置	163
6.8.1	传感器参数	164
6.8.2	控制参数	165
6.8.3	工艺参数	166
	复习思考题	167
7	电阻炉操作基础	168
7.1	基本要求	168
7.1.1	对操作者的要求	168
7.1.2	熟悉工艺文件	169
7.1.3	熟悉设备	170
7.2	电阻炉操作面板	171
7.2.1	操作面板	172
7.2.2	监测部件	173
7.2.3	控制部件	175
7.3	电阻炉常用工装	176
7.3.1	工装的基本要求	176
7.3.2	常用工装类型	177
7.4	电阻炉操作对象	181
7.5	电阻炉基本操作步骤	184
7.5.1	工作前的检查	184
7.5.2	装炉	185
7.5.3	加热	186

7.5.4 出炉	186
7.5.5 工作后的检查	187
7.6 温度控制操作	187
7.6.1 自动控制	187
7.6.2 手动控制	188
7.7 电阻炉真空系统操作	189
7.7.1 真空机组	189
7.7.2 真空系统操作	190
7.7.3 真空电阻炉操作注意事项	192
7.8 电阻炉操作规程	193
7.8.1 箱式电阻炉操作规程	193
7.8.2 井式电阻炉操作规程	194
7.8.3 真空电阻炉的操作规程	196
复习思考题	197
8 电阻炉的维护与保养	199
8.1 电阻炉日常检查	199
8.1.1 控制系统的检查	199
8.1.2 真空系统检查	200
8.1.3 炉体及辅助装置常规检查	201
8.1.4 水冷系统的日常维护	202
8.2 电阻炉维护与保养	203
8.2.1 井式电阻炉的维护与保养	203
8.2.2 真空电阻炉的维护与保养	204
8.2.3 电阻炉的定期维修	206
8.3 电热元件的维护	206
8.3.1 影响电热元件寿命的因素	207
8.3.2 电热元件的维护	207
8.3.3 电热元件常见故障	209
8.4 常见电阻炉温度控制故障与处理	210
8.5 电阻炉的安装调试与验收	213

8.5.1 电阻炉的安装	213
8.5.2 电阻炉的调试	214
8.5.3 电阻炉的验收	215
8.6 电阻炉性能指标	216
8.6.1 炉腔参数	216
8.6.2 温度控制性能	217
8.6.3 电气特性	218
8.6.4 真空特性	219
8.6.5 安全性能	219
8.6.6 气体及冷却水	220
复习思考题	221
9 FP21 控制器操作技巧	222
9.1 岛电 FP21 控制器	222
9.1.1 操作面板显示器	222
9.1.2 操作功能键	224
9.2 参数设置	225
9.2.1 参数设置步骤	225
9.2.2 参数说明	226
9.3 程序编辑	232
9.4 程序运行	235
9.4.1 程序运行方式	235
9.4.2 程序运行干预	237
10 DCP31 控制器操作技巧	239
10.1 山武 DCP31 控制器	239
10.1.1 操作面板显示	239
10.1.2 操作键	241
10.1.3 键盘操作	243
10.2 参数设置	245
10.2.1 参数设置方法	245

10.2.2 参数设置说明	246
10.3 程序编辑	255
10.3.1 程序编辑内容	255
10.3.2 编辑步骤	256
10.3.3 程序的修改、拷贝及清除	257
10.4 程序运行操作	259
10.4.1 运行程序	259
10.4.2 运行干预	259
10.5 故障报警信息	260
参考文献	261

1 绪 论

学习目的:

了解电阻炉及其加热原理,掌握箱式电阻炉、井式电阻炉和真空电阻炉结构组成及特点,了解电阻炉的热传递方式,熟悉电热元件的安装方式及电阻炉加热工艺所包含的内容。

电阻炉用电做能源,把电能转化为热能,具有升温快、温度均匀性好、控温精度高、操作方便等特点,广泛应用于材料热处理行业中。电阻炉种类繁多,结构差异也较大,本章选择了具有代表性的箱式电阻炉、井式电阻炉和真空电阻炉,简要介绍了有关炉子结构、热传递及加热工艺等方面的知识。

1.1 概述

工业加热炉种类繁多,用途各异,按炉子发热方式的不同,可把加热炉总体分为两大类,一类是燃烧型加热炉,以固体、液体或气体为燃料,如固体燃料煤、液体燃料石油、气体燃料天然气等,把化学能转化为热能。另一类是电加热炉,用电作能源,把电能转化为热能。电加热炉包括电熔炼炉和电热处理炉,电熔炼炉用于金属的冶炼,如电炉炼钢、电炉炼铝等;电热处理炉用于材料的热处理,如材料的成型烧结、淬火、钎焊、退火等,本书所指的电阻炉均为电热处理炉。

电流通过导体要产生热量,产生热量的多少与通过导体的电流和导体的电阻有关,遵循焦耳楞次定律。通电产生热量的导体称为电热元件,运用这一原理加热的电加热炉称为电阻炉。按电热元件加热方式的不同,可把电阻炉划分为直接加热型和间接加热型。

(1)直接加热型。直接加热型的电热元件就是工件自身,通过给工件通电或自身感应产生热量,使其温度升高。最典型的应用是感应

电阻炉,利用感应电流通过工件所产生的热效应,使自身表层或局部加热。感应加热如图 1-1 所示,把金属工件置于感应线圈中,给感应线圈接上某一固定频率的交流电,其内部就会产生交变磁场,由电磁感应原理可知,会在工件表层产生与感应线圈中电流相反的感应电流。这种感应电流沿工件表面形成闭合回路,通常称之为涡流。在涡流及工件本身电阻的作用下,电能便在工件表层转化为热能,使表面温度迅速升高,因此感应电阻炉可用于工件表面热处理。

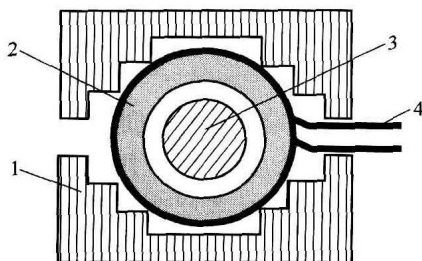


图 1-1 感应加热

1—导磁体;2—耐火绝缘套;3—被加热工件;4—感应线圈

根据感应频率的不同,可把感应电阻炉分为工频感应炉,感应频率 0.05kHz;中频感应炉,频率范围 1 ~ 8kHz;高频感应炉,频率范围 100 ~ 500kHz;超音频感应炉,频率范围 20 ~ 60kHz。感应加热的优点是加热速度快,热效率高,加热层的深度容易控制,可实现金属工件的局部加热,但不足是加热温度不易测定和控制,加热速度也很难控制,设备较为复杂昂贵,对操作人员的文化素质要求较高。

(2)间接加热型。由电热元件产生的热量,经过热传递使工件温度升高的加热方式,称为间接加热型,间接加热的特点是加热均匀,加热温度、加热速度和炉内气氛容易控制,但加热效率低,工件加热层的深度也不能控制。尽管如此,间接加热型无论是在用途上,还是在品种上都比直接加热型应用更广,除特殊热处理需要采用直接加热型外,一般常见的电阻炉多为间接加热型,本书仅讨论间接加热型电阻炉。

间接加热型电阻炉按结构不同,划分为箱式电阻炉、井式电阻炉、

坩埚式电阻炉、盐浴电阻炉、真空电阻炉及实验电阻炉等,如果按用途再细化划分,有几十种之多。按炉子加热工作方式的不同,分为外加热式和内加热式两类。

外加热式是指电热元件在炉腔的外部,如图 1-2a 所示,炉腔是一个密封体,工件放在密封体内;内加热式是指电热元件在炉腔内,如图 1-2b 所示,工件也直接放在炉腔内。内加热式的特点是热传递速度快,工件与电热元件同处在一个气氛环境中,便于温度测控,而热区部件也容易维护。外加热式容易使炉子在保护气氛下工作,工件与电热元件可以处在不同气氛环境中,便于隔离保护,但传热速度相对较慢,温度滞后较大,不利于对工件的温度控制,对热区部件的维护没有内加热式方便。

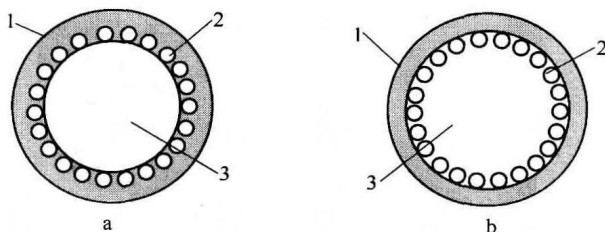


图 1-2 间接加热型

a—外加热式;b—内加热式

1—炉衬;2—电热元件;3—炉腔

各种电阻炉区别在于炉子的用途、电热元件、炉子的结构、炉衬的材料、炉腔内的气氛不同,比如内加热式箱式电阻炉和井式电阻炉的炉衬,若内部气氛为空气状态,不考虑密封性,多采用耐火材料和保温材料构成。如果是真空或其他气氛条件下内加热方式,要求有较好的气密性,则必须采用金属材料做炉衬。

1.2 箱式和井式电阻炉

箱式电阻炉和井式电阻炉有一些共同特点,内加热式大都是采用耐火材料和保温材料做炉衬,内部气氛多为常压下的空气,但也有外加热式的井式炉在氩气、氮气或真空状态下工作,使用温度一般在

1200℃以下。

1.2.1 箱式电阻炉

顾名思义,箱式电阻炉的形状好像一个矩形箱体,如图 1-3 所示,主要由炉体和控制箱两大部分组成。箱式电阻炉一般工作在自然气氛条件下,多为内加热工作方式,采用耐火材料和保温材料做炉衬。用于对工件进行正火、退火、淬火等热处理及其他加热用途。按照加热温度的不同一般分为三种类型,温度高于 1000℃称为高温箱式电阻炉,温度在 600~1000℃之间称为中温箱式电阻炉,温度低于 600℃称为低温箱式电阻炉,以满足不同热处理温度的需要。

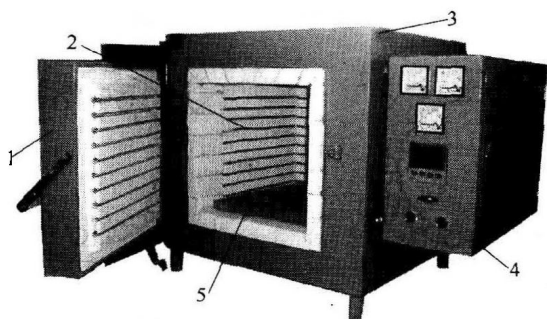


图 1-3 箱式电阻炉

1—炉门;2—电热元件;3—炉壳;4—控制箱;5—炉衬

1.2.1.1 箱式电阻炉的结构

图 1-4 给出了炉体结构示意图,由炉架、炉壳、炉衬、炉门装置、电热元件及辅助装置构成。炉架的作用是承受炉衬和工件的负载,通常由型钢焊接成一框架,外包钢板。炉壳的作用是保护炉衬,加固电炉结构和保持电炉的密封性,常用钢板复贴在钢架上焊接而成,设计合理的炉架和炉壳应具有足够强度。小型箱式电阻炉也可不设炉架,用厚钢板焊接成炉壳,也可起到炉架的作用。

炉衬的作用是保持炉膛温度、减少热量损失。良好的炉衬材料不仅要有一定的耐火度、抗急冷急热性,而且蓄热量还要少。炉衬由耐火材料和保温材料组成,靠近电热元件是耐火材料,紧靠外壳的是保