

上海电气（集团）总公司

《机电工人技术丛书》编委会

主编

机电工人技术丛书



简明 (第二版)

林约利 程芝苏 编

金属热处理工手册

上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

简明金属热处理工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司
《机电工人技术丛书》编委会 主编
林约利 程芝苏 编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

简明金属热处理工手册 / 上海电气(集团)总公司,
《机电工人技术丛书》编委会主编; 林约利, 程芝苏编.
2 版. —上海: 上海科学技术出版社, 2003. 3

(机电工人技术丛书)

ISBN 7-5323-6630-8

I. 简... II. ①上... ②机... ③林... ④程...
III. 热处理—手册 IV. TG156-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 090164 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

上海书刊印刷有限公司印刷 新华书店上海发行所经销

1987 年 5 月第 1 版

2003 年 3 月第 2 版 2003 年 3 月第 5 次印刷

开本 787×1092 1/32 印张 14.125 字数 307 千

印数 32 601—37 800 定价: 28.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,

请向承印公司联系调换

内 容 提 要

本手册是为了帮助广大热处理工巩固专业基础知识,解决日常生产中所遇到的一些技术难点而编写的。手册中以常用数据和图表为主,辅以简要文字说明,重点介绍典型工艺实例。内容包括七部分:专业基础知识;钢的热处理基本方法;常用钢及其典型零件的热处理;钢的化学热处理;有色金属的热处理;热处理零件质量控制;附录。

手册中涉及国家标准的内容,一律按新国标修订。手册中选用的资料,力求实用与可靠,有较高的实际应用参考价值。

本手册可供广大热处理工使用,也可供热处理技术人员及热处理专业师生参考。

《机电工人技术丛书》编委会名单

陈延磊

胡大卫

杨仁江

陈家芳

前 言

《机电工人技术丛书》全套 14 种手册自 1985 年编写出版以来,深受广大机电工人欢迎,使他们增长了知识,提高了技术,在生产实际中解决了很多技术问题,为改革开放、发展生产作出了一定贡献。

随着新工艺、新技术、新材料的不断出现,新的国家标准不断颁布,再就业工程的实施等,提高劳动者素质刻不容缓,为此,我们再次组织长期从事技术工作的工程技术人员和培训工作的专业教师对这套丛书进行修订,增补了大量新内容,删去了不太适应当前技术发展的内容,以满足广大读者,特别是初、中级技术工人的需要。

自第一批修订的《简明电工手册》、《简明焊工手册》、《简明钳工手册》、《简明车工手册》共四本出版以后,受到广大读者欢迎,对目前正在考级的初、中级技术工人有很好的参考价值。为此,我们再选择和增添《简明金属热处理工手册》、《简明铣工、齿轮工手册》、《简明冷作钣金工手册》、《简明制冷维修工手册》、《简明数控机床维修工手册》、《简明汽车维修工手册》六本,进行第二批修订、出版。

我们力求简明、实用;然而,限于水平,书中还有不妥之处,敬请广大读者批评指教,以便今后改正。

《简明金属热处理工手册》第一版由林约利、顾应安编写,宋永祚、邵国清审阅;第二版由林约利、程芝苏编写,顾应安审阅。

上海电气(集团)总公司
《机电工人技术丛书》编委会

目 录

第一章 专业基础知识	1
一、热处理车间常用设备及控温仪表	1
1. 热处理车间设备的分类	1
2. 常用加热设备	2
3. 筑炉材料	49
4. 热处理辅助设备	60
5. 温度测量及自动控温仪表	68
二、常用金属材料的分类和牌号	87
1. 金属材料分类	87
2. 钢铁材料牌号表示方法	88
3. 有色金属及合金牌号表示方法	88
三、金属材料的力学性能	99
1. 常用力学性能	99
2. 硬度试验	101
四、热处理基本原理	113
1. Fe-Fe ₃ C 状态图	113
2. Fe-Fe ₃ C 状态图应用	118
3. 钢在加热时的组织转变	119
4. 钢在冷却时的组织转变	121
5. 淬火钢回火时的组织转变	126
6. 回火脆性	126
7. 金属组织结构的检验方法	129

第二章 钢的热处理基本方法	133
一、退火与正火	133
1. 退火与正火的目的	133
2. 退火与正火工艺	133
3. 退火与正火的选择	135
二、淬火	138
1. 淬火加热温度的确定	138
2. 淬火加热时间的确定	139
3. 淬火介质	141
4. 淬火方法	142
5. 钢的淬透性与淬硬性	148
三、淬火钢的回火	152
1. 回火的目的	152
2. 回火的分类	153
3. 回火规范的确定	154
四、冷处理	156
五、钢的感应加热表面淬火	158
1. 感应加热的基本原理	158
2. 感应加热频率选择	158
3. 感应加热工艺参数选择	160
4. 感应器	161
5. 感应加热淬火常见缺陷和防止措施	165
6. 感应加热淬火工艺实例	166
六、热处理新技术	171
1. 形变热处理	171
2. 真空热处理	172
3. 可控气氛热处理	173

七、热处理常见缺陷及防止措施	175
1. 氧化和脱碳	175
2. 过热和过烧	176
3. 淬火硬度不够	176
4. 软点	177
5. 变形和开裂	177
6. 回火缺陷	178
第三章 常用钢及其典型零件的热处理	179
一、调质钢及其典型零件的热处理工艺	179
1. 调质钢的特点	179
2. 热处理工艺	184
3. 大件的调质淬火	188
4. 操作注意事项	190
5. 质量检验	191
6. 典型工艺实例	193
二、弹簧钢及其典型零件的热处理工艺	196
1. 弹簧钢的特点	196
2. 热处理工艺	197
3. 弹簧淬火时常见缺陷及防止措施	201
4. 提高弹簧质量的措施	201
5. 操作注意事项	204
6. 质量检验	204
7. 典型工艺实例	205
三、轴承钢及其典型零件的热处理工艺	208
1. 轴承钢的特点	208
2. 热处理工艺	208
3. 淬火缺陷及防止措施	220

4. 操作注意事项	223
5. 典型工艺实例	223
四、工具钢及其典型零件的热处理工艺	229
1. 工具钢的分类	229
2. 刀具钢	229
3. 热处理工艺	235
4. 常见缺陷及防止措施	251
5. 质量检验	251
6. 典型工艺实例	255
五、模具钢及其典型零件的热处理工艺	266
1. 模具钢的分类	266
2. 冷作模具钢的热处理	266
3. 热作模具钢的热处理	273
4. 减少模具热处理变形的措施	285
5. 常见缺陷及防止措施	291
6. 质量检验	292
7. 提高模具寿命的工艺方法	294
六、量具钢及其典型零件的热处理工艺	296
1. 量具用钢及其特点	296
2. 量具热处理工艺	298
3. 量具热处理后的质量检验	301
4. 典型工艺实例	303
七、不锈钢及其典型零件的热处理工艺	308
1. 常用不锈钢	308
2. 不锈钢的热处理	312
3. 典型工艺实例	314
第四章 钢的化学热处理	319

一、化学热处理的基本过程	319
二、钢的渗碳	320
1. 固体渗碳	320
2. 液体渗碳	323
3. 气体渗碳	327
4. 渗碳后的热处理	334
5. 渗碳用钢	337
6. 渗碳操作	342
7. 典型工艺实例	345
三、钢的渗氮	348
1. 渗氮的基本过程	348
2. 渗氮层的组织	349
3. 渗氮工艺	350
4. 渗氮用钢	357
5. 渗氮操作	359
6. 典型工艺实例	364
四、钢的碳氮共渗	366
1. 碳氮共渗的特点	366
2. 中温气体碳氮共渗工艺	366
3. 低温气体碳氮共渗工艺	366
4. 典型工艺实例	368
第五章 有色金属的热处理	371
一、铝及铝合金	371
1. 工业纯铝	371
2. 铝合金	371
3. 变形铝合金的热处理	374
4. 铸造铝合金的热处理	382

二、铜及铜合金	385
1. 工业纯铜	385
2. 铜合金	385
3. 黄铜的热处理	387
4. 青铜的热处理	387
第六章 热处理零件质量控制	391
一、热处理质量保证体系	391
二、温控要求	392
三、炉温均匀性检查	395
四、生产过程中的质量控制	396
附录	397
附录 1 钢的火花鉴别	397
附录 2 常用钢种的临界温度	405
附录 3 几种常用钢种的奥氏体等温转变曲线	411
附录 4 各种热处理工艺代号及技术条件的标注方法	428
附录 5 常用金属材料的密度	429
附录 6 常用金属材料涂色标记	430
附录 7 热处理常用化学品的特性和用途	432
附录 8 热处理常用淬火油的主要性能	437

第一章 专业基础知识

一、热处理车间常用设备及控温仪表

1. 热处理车间设备的分类

(1) 主要设备 为完成主要工序所使用的设备称为主要设备。主要设备包括:

1) 加热设备 各种加热炉、加热装置、接触电热装置、电解液加热装置、感应加热装置、火焰加热装置及热处理自动线等。

2) 冷却设备 缓冷设备(冷却室、冷却坑及等温或分级淬火用热处理炉), 淬火冷却设备(淬火槽, 淬火机, 淬火压床) 和低温冰箱。应当指出, 冷却设备内为使工件获得一定的冷却速度或冷却到一定温度后进行保温, 有的设置加热装置。

(2) 辅助设备 为完成辅助工序所使用的设备。主要包括:

1) 清理与清洗设备 为了去掉工件热处理后的氧化皮, 应根据不同情况而采用不同方法。主要有酸洗设备、清洗设备、喷砂和抛丸设备等。

2) 校正设备 各种校正机床。

(3) 附属设备 附属设备是服务于主要设备和辅助设备的, 如起重运输设备、控制气氛发生装置、油循环冷却装置、燃料贮存装置等。

另外, 还有检验设备, 如硬度计、砂轮机、切割机、金相显

显微镜、金相试样制备设备、磁力探伤机以及其他检测设备、热工测量及热工控制设备等。

2. 常用加热设备

(1) 电阻炉 电阻炉是利用电阻发热体供热的一种炉型,常用的有箱式、井式和台车式三种。

1) 箱式电阻炉 在箱式炉中工件加热主要靠电热元件的辐射,1 000℃以下的箱式炉,炉衬一般由轻质耐火砖(耐火层)和绝热砖或绝热填料(绝热层)构成;1 000~1 250℃的箱式炉,在耐火层及绝热层之间,还有轻质砖或泡沫砖的中间层。电热元件多为用铁铬铝电阻丝(也有用镍铬电热合金材料)绕成的螺旋体,安置在炉膛侧壁搁砖上和炉底上。炉底的电热元件用耐热钢炉底板覆盖,上面放置工件。箱式电阻炉结构见图 1-1。箱式炉由于其通用性强,可用于碳钢、合金钢

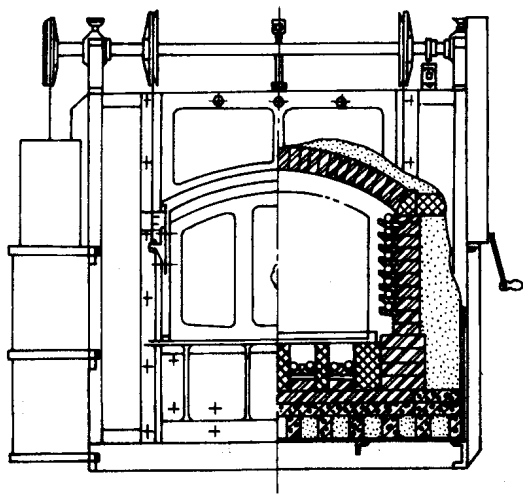


图 1-1 箱式电阻炉结构

件的退火、正火、淬火和回火以及固体渗碳等多种热处理操作。大型电炉还在炉顶、炉膛后壁和炉门上装有电热元件。尽管箱式电阻炉在使用中存在炉温均匀性差的缺点,难以避免氧化脱碳,但目前仍是热处理车间重要的加热设备。

工件装炉应离开电热元件至少 50~75 mm,且不得遮盖测温热电偶;潮湿工件不允许直接装入热炉;炉底板不准受冲击和超载,工件装炉时不允许抛扔,装炉重量不得超过炉型规定;在装、出炉前应切断电源,以保证安全操作;700℃以上不准空炉打开炉门降温。

炉内氧化铁屑应经常清除,以免造成电热元件短路烧断事故。炉温不允许超过最高使用温度,也不允许在最高使用温度下长期运行。箱式电阻炉,按其工作温度,可分为高温、中温及低温炉三种,中温箱式炉应用最广。箱式电阻炉的型号及技术规格见表 1-1。

为了减少工件加热时的氧化脱碳,对老型号箱式炉进行

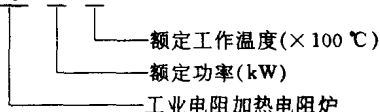
表 1-1 箱式电阻炉型号及技术规格

型 号	名 称	额定功率 (kW)	最高工作温度 (℃)	最大装载量 (kg)	工作区尺寸 (mm)	电 源	
						电压 (V)	相数
中温箱式炉	RX3-15-9 950℃箱式电阻炉	15	950	80	300×650×250	220	1
	RX3-30-9 950℃箱式电阻炉	30	950	200	450×950×350	380	3
	RX3-45-9 950℃箱式电阻炉	45	950	400	600×1 200×400	380	3
	RX3-60-9 950℃箱式电阻炉	60	950	700	750×1 500×450	380	3
	RX3-75-9 950℃箱式电阻炉	75	950	1 200	900×1 800×550	380	3

(续表)

型 号		名 称	额定 功率 (kW)	最高 工作 温度 (℃)	最大 装 载 量 (kg)	工作区尺寸 (mm)	电 源	
							电压 (V)	相 数
高温箱式炉	RX3-20-12	1 200 ℃ 箱 式电阻炉	20	1 200	50	300×650×250	220	1
	RX3-45-12	1 200 ℃ 箱 式电阻炉	45	1 200	100	450×950×350	380	3
	RX3-60-12	1 200 ℃ 箱 式电阻炉	60	1 200	200	600×1 200×400	380	3
	RX3-90-12	1 200 ℃ 箱 式电阻炉	90	1 200	400	750×1 500×450	380	3
	RX3-115-12	1 200 ℃ 箱 式电阻炉	115	1 200	600	900×1 800×550	380	3
低温箱式炉	RX5-35-3	低温回火炉	35	350	420	600×900×450	380	3
	RX5-36-4	低温回火炉	36	450		600×1 000×400	380	3
	RX5-180-5	铝合金淬火 加热炉	180	550	1 000	1 500×1 500×1 550	380	3
	RX5-30-6	箱式电阻炉	30	650		600×1 200×400	380	3
	RX5-45-6Q	有炉罐箱式 电阻炉	45	650	300	520×1 100×360	380	3
	RX4-66-6	回火炉	66	650	650	750×1 200×600	380	3
	RX5-70-6	回火炉	70	650	420	600×900×450	380	3
	RX5-80-6	箱式电阻炉	80	650	2 000	1 060×1 060×600	380	3
	RX5-70-7	箱式电阻炉	70	700	420	600×900×450	380	3
	RX5-22-6Q	保护气氛回 火炉	22	650		350×650×330	380	3

注: RX5-36-4



改造,在炉上装有通入保护气氛或滴入煤油等液体的进口管和出口气体燃烧管,并且加强炉壳、炉顶、炉门各部分的密封性能,改进后的箱式炉其型号和技术规格见表 1-2。

表 1-2 保护气氛箱式电阻炉型号及技术规格

型 号	名 称	额定功率 (kW)	最高工作温度 (°C)	工作区尺寸 (mm)	最大装载量 (kg)
RX3-15-9Q	950 °C 箱式电阻炉	15	950	300 × 650 × 250	80
RX3-30-9Q	950 °C 箱式电阻炉	30	950	450 × 950 × 350	200
RX3-45-9Q	950 °C 箱式电阻炉	45	950	600 × 1 200 × 400	400
RX3-60-9Q	950 °C 箱式电阻炉	60	950	750 × 1 500 × 450	700
RX3-75-9Q	950 °C 箱式电阻炉	75	950	900 × 1 800 × 550	1 200
RX3-20-12Q	1 200 °C 箱式电阻炉	20	1 200	300 × 650 × 250	50
RX3-45-12Q	1 200 °C 箱式电阻炉	45	1 200	450 × 950 × 350	100
RX3-60-12Q	1 200 °C 箱式电阻炉	60	1 200	600 × 1 200 × 400	200
RX3-90-12Q	1 200 °C 箱式电阻炉	90	1 200	750 × 1 500 × 450	400
RX3-115-12Q	1 200 °C 箱式电阻炉	115	1 200	900 × 1 800 × 550	600

注: RX3-15-9Q

— 额定工作温度(× 100 °C) + 保护气氛

— 额定功率(kW)

— 工业电阻加热箱式炉

2) 台车式电阻炉 台车炉的特点是加热室(炉膛)固定而炉底可活动。加热室的构造与箱式炉相似,活动炉底是一个台车,台车可沿地面上铺设的轨道靠机械结构拉出炉外,便于装卸工件,减轻工人劳动强度。台车式电阻炉可供大型工件(大型铸锻件及锻模等)的正火、退火、淬火加热及固体渗碳等热处理加热。常用的台车式电阻炉技术规格和型号见表 1-3。与箱式电阻炉比较,台车式电阻炉增加了炉底通电装置、台车行走驱动装置,其结构见图 1-2。炉壳 3 用钢板焊成,炉体内层炉衬 4 为轻质砖,外层为超轻质砖与蛭石粉混合结