

热处理手册

热处理设备和工辅材料

中国机械工程学会热处理学会 编

第4版

第
1 2 3 4
卷

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

热 处 理 手 册

第 3 卷 热处理设备和工辅材料

第 4 版

中国机械工程学会热处理学会 编



机 械 工 业 出 版 社

本手册是一部热处理专业的综合工具书,共4卷。本卷是第3卷,共15章,内容包括设备分类、热处理设备常用材料及基础构件、热处理电阻炉、热处理浴炉及流态粒子炉、真空与等离子热处理炉、热处理燃料炉、热处理感应加热及火焰加热装置、表面改性热处理设备、热处理冷却设备、热处理辅助设备、热处理生产过程控制、热处理工艺材料、热处理节能与环境保护、热处理车间设计、热处理炉设计基础资料表等内容。本手册由中国机械工程学会热处理学会组织编写,具有一定的权威性;内容系统全面,具有科学性、实用性、可靠性和先进性。

本书可供热处理工程技术人员、质量检验和生产管理人员使用,也可供科研开发、设计人员,高校和中专材料科学与工程专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

热处理手册.第3卷,热处理设备和工辅材料/中国机械工程学会热处理学会编.—4版.—北京:机械工业出版社,2008.1(2012.3重印)

ISBN 978-7-111-22291-0

I. 热… II. 中… III. ①热处理-手册②热处理设备-手册③热处理-工程材料-手册 IV. TG15-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第138158号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:陈保华

责任编辑:陈保华 版式设计:霍永明 责任校对:姚培新

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2012年3月第4版·第3次印刷

169mm×239mm·55.5印张·3插页·1593千字

6 001—7 200册

标准书号:ISBN 978-7-111-22291-0

定价:86.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑(010)88379734

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

中国机械工程学会热处理学会
《热处理手册》第4版编委会 名单

主任委员 潘健生

副主任委员 周敬恩 王广生 徐跃明

委 员 方其先 石康才 吕反修 安运铮 许并社

宋余九 张冠军 李儒冠 陈乃录 武兵书

侯增寿 戚正风 黄国靖 董企铭 廖 波

蔡 珣 潘 邻

顾 问 雷廷权 樊东黎 孙大涌 崔 崑

《热处理手册》总主编 周敬恩

副 总 主 编 王广生 徐跃明

本 卷 主 编 徐跃明 黄国靖

前 言

按照中国机械工程学会热处理学会第二届三次理事扩大会议关于《热处理手册》将逐版修订下去的决议，为了适应热处理、材料和机械制造等行业发展的需要，应机械工业出版社的要求，热处理学会决定对2001年出版的《热处理手册》第3版进行修订。本次修订的原则是：去掉陈旧和过时的内容，补充新的科研成果、实践经验和先进成熟的生产技术等相关内容，保持其实用性、可靠性、科学性和先进性，使《热处理手册》这一大型工具书能对热处理行业的技术进步持续发挥推动作用。

根据近年来热处理技术进展和《热处理手册》第3版的使用情况，第4版仍保持第3版的体例。主要读者对象为热处理工程技术人员，也可供热处理质量检验和生产管理人员、科研人员、设计人员、相关专业的在校师生参考。《热处理手册》第4版仍为四卷，即第1卷工艺基础，第2卷典型零件热处理，第3卷热处理设备和工辅材料，第4卷热处理质量控制和检验。

《热处理手册》第4版与第3版相比，主要作了以下变动：

第1卷增加和修订了第1章中的热处理标准题录，由第3版的71个标准增加到了94个，并对热处理工艺术语等按新标准进行了修订。第2章增加了“金属和合金相变过程的元素扩散”；在“加热介质和加热计算”一节中，增加了“金属与介质的作用”与“钢铁材料在加热过程中的氧化、脱碳行为”；充实了加热节能措施的内容。第6章增加了近年来生产中得到广泛应用的“QPQ处理”一节；补充了“真空渗锌”的内容；“离子化学热处理”一节增加了“离子渗氮材料的选择及预处理”、“离子渗氮层的组织”、“离子渗氮层的性能”等内容；对“气相沉积技术”的内容进行了调整和补充，反映了该技术的快速发展；在“离子注入技术”中，增加了“非金属离子注入”、“金属离子注入”和“几种特殊的离子注入方法”。第8章增加了“高温合金的热处理”和“贵金属及其合金的热处理”两节，使其内容更加完整。第10章增加了“电合金及其热处理”一节，对各种功能合金的概念和性能作了一定的补充。增加了“第11章其他热处理技术”，包括“磁场热处理”、“强烈淬火”和“微弧氧化”三节。这些热处理技术虽然早已有之，但从20世纪90年代以来，在国内外，特别在一些工业发达国家得到了快速发展，并受到日益广泛的重视，从这个意义上也可称为热处理新技术。

第2卷修订时增加了典型零件热处理新技术、新材料和新工艺。第3章增加了“齿轮的材料热处理质量控制与疲劳强度”一节。第5章增加了55CrMnA、60CrMnA、60CrMnMoA钢等新钢种的热处理。第6章全部采用最新标准，增加了不少新钢种的热处理。第8章增加了“如何得到高速钢工具的最佳使用寿命”一节。第11章补充了“连杆涨断生产新工艺”。第12章增加了数控机床零件热处理的内容。第13章重写了“凿岩用钎头”一节，增加了很多新钢种及其热处理工艺。第14章增加了“预防热处理缺陷的措施”一节。第16章增加了“天然气压缩机活塞杆的热处理”一节。第17

章补充了柱塞泵热处理新工艺（真空热处理、稳定化热处理等）。第 19 章补充了飞机起落架新材料 16Co14Ni10Cr2Mo 热处理工艺、涡轮叶片定向合金和单晶合金热处理工艺。

第 3 卷的修订注意反映热处理设备相关领域的技术进展情况，增加了近几年开发的新技术和新设备方面的内容，增加了热处理节能、环保和安全方面的技术要求。各章增加的内容有：第 5 章增加了“活性屏离子渗氮炉”。第 9 章增加了“淬火冷却过程的控制装置”和“淬火槽冷却能力的测定”。第 10 章增加了“溶剂型真空清洗机”。第 11 章增加了“热处理过程真空控制”与“冷却过程控制”。第 12 章增加了“淬火介质的选择”与“淬火介质使用常见问题及原因”。

第 4 卷中对各章节内容进行了调整和充实，部分章节进行了重新编写。第 1 章充实了“计算机在质量管理中的应用”一节。第 3 章改写并充实了“光谱分析”与“微区化学成分分析”两节的内容。第 7 章重新编写了“内部缺陷检测”与“表层缺陷检测”，更深入地介绍了常用无损检测方法的原理与技术。第 10 章充实了金属材料全面腐蚀的内容，增加了液态金属腐蚀。第 11 章调整了部分内容结构，增加了相关的实用数据。

近年来，我国的国家标准和行业标准更新速度加快。2001 年至今，与热处理技术相关的相当数量的标准被修订，并颁布了一些新标准，本版手册内容基本上按新标准进行了更新。对于个别标准，如 GB/T 228—2002《金属材料 室温拉伸试验方法》，新旧标准指标、名称和符号差异较大，又考虑到手册中引用的资料、数据形成的历史跨度长，目前在手册中贯彻新标准，似乎尚不成熟。为了方便读者，我们采用了过渡方法，参照 GB/T 228—2002《金属材料 室温拉伸试验方法》，在第 4 卷附录部分列出了拉伸性能指标名称和符号的对照表，供读者查阅参考。

本次参与修订工作的人员众多，从编写、审定到出版的时间较紧，手册不足之处在所难免，恳请读者指正。

中国机械工程学会热处理学会
《热处理手册》第 4 版编委会

目 录

前言	技术要求	9
	1.7.2 电阻炉的设计要求	10
第1章 绪论	第2章 热处理设备常用材料 及基础构件	11
1.1 热处理设备分类	2.1 耐火材料	11
1.1.1 热处理主要设备	2.1.1 耐火材料的主要性能	11
1.1.2 热处理辅助设备	2.1.2 常用的耐火制品	11
1.2 热处理炉的分类、特性 和编号	2.1.3 不定形耐火材料	27
1.2.1 热处理炉的分类	2.1.4 耐火纤维	37
1.2.2 热处理炉的主要特性	2.2 隔热材料	39
1.2.3 热处理炉的编号	2.2.1 硅藻土及其制品	39
1.3 加热装置的类别和 特性	2.2.2 石棉制品	39
1.3.1 感应加热装置	2.2.3 矿渣棉及其制品	39
1.3.2 火焰加热装置	2.2.4 蛭石及其制品	41
1.3.3 接触电阻加热装置	2.2.5 岩棉制品	41
1.3.4 直接电阻加热装置	2.2.6 膨胀珍珠岩制品	42
1.3.5 电解液加热装置	2.2.7 硅酸钙绝热板	42
1.3.6 等离子加热装置	2.2.8 纳米绝热材料	43
1.3.7 激光加热装置	2.3 耐热金属材料	44
1.3.8 电子束加热装置	2.4 电热材料及基础构件	65
1.4 气相沉积装置的类别 和特性	2.4.1 金属电热元件	65
1.4.1 气相沉积装置	2.4.2 非金属电热元件	79
1.4.2 离子束装置	2.4.3 红外电热元件	98
1.5 热处理设备的技术经济 指标	2.4.4 管状电热元件	99
1.6 热处理设备设计的一般程序 和基本要求	2.4.5 辐射管	103
1.6.1 设计的初始资料	2.5 常用设备和仪表	108
1.6.2 热处理设备设计的基本 内容和步骤	2.5.1 通风机	108
1.7 热处理电热设备设计的 一般要求	2.5.2 泵	129
1.7.1 电热设备设计通用性	2.5.3 真空泵	133
	2.5.4 阀门	145
	2.5.5 真空阀	147
	2.5.6 流速、流量计	153
	2.5.7 压力测量仪表	155
	参考文献	155
	第3章 热处理电阻炉	156
	3.1 热处理电阻炉选择与设计	

内容	156	3.12.2 转筒式炉的结构	190
3.2 热处理电阻炉炉体结构	156	3.13 推杆式连续热处理炉及其 生产线	191
3.2.1 炉架和炉壳	156	3.13.1 推杆式炉的特性及用途	191
3.2.2 炉衬	156	3.13.2 推杆式渗碳炉及其 生产线	191
3.2.3 炉口装置	159	3.13.3 推杆式渗氮炉及其 生产线	193
3.3 热处理电阻炉功率计算	160	3.13.4 推杆式普通热处理炉	195
3.3.1 间隙式炉功率计算	160	3.13.5 推杆式炉的结构	195
3.3.2 连续式热处理炉的功率 计算	163	3.13.6 三室推杆式气体渗碳炉	199
3.4 普通间歇式箱式 电阻炉	164	3.14 输送带式炉及其生产线	199
3.4.1 炉型种类及用途	164	3.14.1 输送带式炉的特性 和用途	199
3.4.2 炉子结构及特性	165	3.14.2 DM 型网带式炉	199
3.5 台车炉	166	3.14.3 TCN 型网带式炉	200
3.5.1 炉型种类及用途	166	3.14.4 无罐输送带式炉	201
3.5.2 炉子结构	166	3.14.5 网带式炉的基本结构	201
3.6 RJ 系列自然对流井式 电阻炉	168	3.14.6 链板式炉	202
3.6.1 炉型种类及用途	168	3.15 振底式炉	203
3.6.2 炉子结构及特性	168	3.15.1 振底式炉的特性与用途	203
3.7 强迫对流箱式电阻炉	170	3.15.2 气动振底式炉	204
3.7.1 炉型种类及用途	170	3.15.3 机械式振底炉	207
3.7.2 炉子结构及特性	174	3.15.4 电磁振底炉	208
3.7.3 气体流量计算	175	3.16 辊底式炉	210
3.8 强迫对流井式电阻炉	176	3.16.1 炉型特征及用途	210
3.8.1 炉型种类及用途	176	3.16.2 炉型结构	211
3.8.2 炉子结构及特性	176	3.16.3 辊子	212
3.9 井式渗碳炉和渗氮炉	177	3.16.4 辊底式炉炉膛结构	213
3.9.1 炉型种类及用途	177	3.17 转底式炉	213
3.9.2 炉子结构及特性	177	3.17.1 转底式炉的特征和用途	213
3.10 罩式炉	181	3.17.2 炉型结构	213
3.10.1 炉型种类及用途	181	3.17.3 转底式炉的主要结构 组成	216
3.10.2 炉子结构及特性	181	3.18 滚筒式（鼓形）炉	217
3.10.3 罩式炉功率分配	183	3.18.1 炉型特征和用途	217
3.11 密封箱式炉	183	3.18.2 滚筒式炉结构	217
3.11.1 炉型种类及用途	183	3.19 步进式和摆动步进 式炉	218
3.11.2 炉子结构及特性	186	3.19.1 步进式炉特征及用途	218
3.11.3 密封箱式炉生产线	189	3.19.2 摆动步进式炉及生 产线	218
3.11.4 炉内导轨	190		
3.12 转筒式炉	190		
3.12.1 炉型特征和用途	190		

3.20 牵引式炉	219
3.20.1 牵引式炉的特征及用途	219
3.20.2 钢丝固溶处理、淬火炉及生产线	219
3.20.3 牵引式钢丝等温淬火炉及生产线	219
3.20.4 双金属锯带热处理生产线	220
参考文献	222

第4章 热处理浴炉及流态粒子炉

4.1 浴炉的特性和种类	223
4.1.1 浴炉的特性	223
4.1.2 按溶液分类的浴炉	223
4.1.3 按加热方式分类的浴炉	223
4.1.4 浴炉的品种和代号	224
4.1.5 浴炉的热工性能	224
4.2 低温浴炉	225
4.2.1 结构形式	225
4.2.2 溶液需要量	225
4.2.3 浴槽	226
4.2.4 浴炉功率计算	226
4.2.5 加热装置	227
4.2.6 溶剂搅拌	228
4.2.7 溶剂冷却	228
4.2.8 浴槽的清理	229
4.2.9 硝盐浴炉安全防护	229
4.2.10 低温浴炉示例	229
4.3 外部电加热中温浴炉	230
4.3.1 结构形式	230
4.3.2 浴槽	230
4.3.3 炉子功率	231
4.3.4 加热装置	231
4.3.5 炉型示例	231
4.4 燃料加热中温浴炉	232
4.4.1 结构形式	232
4.4.2 燃烧装置	232
4.4.3 炉子功率	232
4.4.4 燃料加热浴炉示例	232
4.5 插入式电极盐浴炉	233

4.5.1 结构形式	233
4.5.2 浴槽	234
4.5.3 电极盐浴炉的功率	235
4.5.4 插入式电极布置	236
4.5.5 电极材料及结构	236
4.5.6 电极设计参数	237
4.6 埋入式电极盐浴炉	237
4.6.1 结构形式	237
4.6.2 埋入式电极盐浴炉炉膛尺寸（浴槽内尺寸）	237
4.6.3 埋入式电极盐浴炉浴槽结构	238
4.6.4 埋入式电极盐浴炉钢板槽	238
4.6.5 埋入式电极盐浴炉的功率	238
4.6.6 埋入式盐浴炉的电极形式和布置	239
4.6.7 电极冷却装置	241
4.6.8 电极盐浴炉示例	241
4.6.9 电极盐浴炉的启动	243
4.6.10 盐浴炉的变压器	245
4.6.11 电极盐浴炉汇流板	247
4.7 盐浴炉排烟装置	248
4.8 盐浴炉设备机械化与自动化	248
4.8.1 盐浴炉用的工件运送机构	248
4.8.2 回转式盐浴炉生产线	249
4.8.3 盐浴渗碳热处理生产线	249
4.9 浴炉的使用、维修及安全操作	251
4.10 流态粒子炉	251
4.10.1 流态粒子炉技术性能	251
4.10.2 流态粒子炉工作原理	253
4.10.3 流态粒子炉的基本类型	255
4.10.4 流态粒子炉的应用	259
参考文献	261

第5章 真空与等离子热处理炉

5.1 真空热处理炉	262
5.1.1 真空热处理炉的基本	

类型	262	6.6 燃料炉的运行	425
5.1.2 真空热处理炉的结构 与设计	265	6.6.1 烘炉	425
5.1.3 真空系统	275	6.6.2 燃料炉操作规程	426
5.1.4 真空测量与供气	278	6.6.3 燃料炉的调节	427
5.1.5 真空热处理炉的性能考核与 使用维修	283	参考文献	429
5.1.6 真空热处理炉实例	286	第7章 热处理感应加热及火焰 加热装置	430
5.2 等离子热处理炉	309	7.1 感应加热电源	430
5.2.1 等离子热处理炉的基本 类型	310	7.1.1 概况	430
5.2.2 等离子热处理炉的主要 构件	311	7.1.2 晶闸管(SCR)中频感应 加热电源	432
5.2.3 等离子热处理炉的电源及控制 系统	317	7.1.3 MOSFET 和 IGBT 固态感应 加热电源	439
5.2.4 等离子热处理炉实例	323	7.1.4 真空管(电子管)高频感应 加热电源	449
5.2.5 等离子热处理炉的性能考核与 使用维修	330	7.1.5 工频感应加热装置	455
参考文献	334	7.2 感应热处理设备	459
第6章 热处理燃料炉	335	7.2.1 概况	459
6.1 燃料炉概述	335	7.2.2 感应淬火机床	459
6.1.1 常用燃料炉分类	335	7.2.3 感应淬火机床实例	463
6.1.2 燃料炉炉型选择	336	7.3 火焰表面加热装置	479
6.2 炉用燃料及燃烧计算	338	7.3.1 乙炔	479
6.2.1 燃料分类	338	7.3.2 气瓶与管道	483
6.2.2 燃料燃烧计算	346	7.3.3 火焰加热用工具与阀类	485
6.2.3 燃料换算	348	7.3.4 火焰淬火机床	491
6.3 燃料炉设计与计算	349	参考文献	493
6.3.1 常用燃料炉设计	349	第8章 表面改性热处理 设备	495
6.3.2 燃料消耗量计算	370	8.1 激光表面热处理装置	495
6.3.3 炉架设计与计算	372	8.1.1 激光表面热处理装置 的构成	496
6.3.4 炉衬设计	374	8.1.2 激光热处理装置实例	503
6.4 燃料炉附属设备	383	8.1.3 激光加工的安全防护 措施	504
6.4.1 燃烧装置	383	8.2 电子束表面改性装置	505
6.4.2 预热器	397	8.2.1 电子束表面改性装置 的进展	505
6.4.3 管道设计	402	8.2.2 电子束热处理装置组成	508
6.4.4 炉用机械	407	8.3 气相沉积装置	512
6.5 排烟系统	417	8.3.1 化学气相沉积装置	512
6.5.1 烟道布置及设计要点	417		
6.5.2 烟道阻力计算	418		
6.5.3 烟囱设计	424		

8.3.2 等离子体辅助化学气相沉积装置	514
8.3.3 等离子体增强化学气相沉积	515
8.3.4 物理气相沉积	517
8.3.5 沉积金刚石薄膜的技术	527
参考文献	529
第9章 热处理冷却设备	531
9.1 淬火冷却设备的作用与要求	531
9.2 淬火冷却设备的分类	531
9.2.1 按冷却工艺方法分类	531
9.2.2 按介质分类	531
9.3 浸液式淬火设备(淬火槽)设计	532
9.3.1 设计准则	532
9.3.2 淬火介质需要量计算	533
9.3.3 淬火槽的搅拌	534
9.4 几种常见淬火槽的结构形式	543
9.4.1 普通型间隙作业淬火槽	543
9.4.2 深井式或大直径淬火槽	544
9.4.3 连续作业淬火槽	544
9.4.4 可相对移动的淬火槽	546
9.5 淬火介质的加热	547
9.6 淬火介质的冷却	547
9.6.1 冷却方法	547
9.6.2 冷却系统的设计	549
9.7 淬火槽输送机械	552
9.7.1 淬火槽输送机械的作用	552
9.7.2 间隙作业淬火槽提升机械	553
9.7.3 连续作业淬火槽输送机械	553
9.7.4 升降、转位式淬火机械	554
9.8 去除淬火槽氧化皮的装置	556
9.9 淬火槽排烟装置与烟气净化	557
9.9.1 排烟装置	557
9.9.2 油烟净化装置	558
9.10 淬火冷却过程的控制装置	559
9.10.1 淬火冷却过程的控制参数	559
9.10.2 淬火槽的控制装置	559
9.11 淬火槽冷却能力的测定	563
9.11.1 动态下淬火介质冷却曲线的测定	563
9.11.2 淬火槽冷却能力的连续监测	563
9.12 淬火油槽的防火	565
9.12.1 淬火油槽发生火灾的原因	565
9.12.2 预防火灾的措施	565
9.13 淬火压床和淬火机	565
9.13.1 淬火压床和淬火机的作用	565
9.13.2 轴类淬火机	566
9.13.3 大型环状零件淬火机	566
9.13.4 齿轮淬火压床	566
9.13.5 板件淬火压床	567
9.13.6 钢板弹簧淬火机	568
9.14 喷射式淬火装置	569
9.14.1 喷液淬火装置	569
9.14.2 气体淬火装置	571
9.14.3 喷雾淬火装置	571
9.15 冷处理设备	572
9.15.1 制冷原理	572
9.15.2 制冷剂	572
9.15.3 常用冷处理装置	572
9.15.4 低温低压箱冷处理装置	573
9.15.5 深冷处理设备	573
9.15.6 冷处理负荷和安全要求	575
参考文献	575
第10章 热处理辅助设备	576
10.1 可控气氛发生装置	576
10.1.1 吸热式气氛发生装置	576
10.1.2 放热式气氛发生装置	586
10.1.3 工业氮制备装置	593
10.1.4 其他气氛发生装置	600
10.1.5 气体净化装置	605

10.1.6 可控气氛经济指标对比	612	11.5.1 新型设备控制系统的 设计要求	712
10.2 清洗设备	613	11.5.2 控制系统的结构组成与 功能实现	714
10.2.1 一般清洗机	613	11.5.3 控制软件与功能实现	715
10.2.2 超声波清洗设备	617	11.5.4 智能控制系统的特点	717
10.2.3 脱脂炉清洗设备	618	11.6 热处理生产过程控制	717
10.2.4 真空清洗设备	619	11.6.1 热处理生产过程控制 设备	718
10.2.5 溶剂型真空清洗机	620	11.6.2 热处理生产过程控制 的结构	720
10.3 清理及强化设备	623	11.6.3 热处理生产过程控制 系统发展	721
10.3.1 机械式抛丸设备	623	11.7 生产线控制示例——密封箱 式渗碳炉生产线控制	723
10.3.2 抛丸强化设备	627	参考文献	725
10.3.3 喷丸及喷砂设备	629		
10.3.4 液体喷砂清理设备	629		
10.4 矫直（校直）设备	633		
10.5 起重运输设备	638		
10.6 热处理用夹具	639		
参考文献	650		
第 11 章 热处理生产过程 控制	651	第 12 章 热处理工艺材料	726
11.1 热处理生产过程控制 系统	651	12.1 热处理原料气体	726
11.1.1 热处理生产自动控制装置的 基本组成	651	12.1.1 氢气	726
11.1.2 热处理生产过程控制的 结构	651	12.1.2 氮气	726
11.2 温度控制	652	12.1.3 氨气（液氨）	727
11.2.1 温度传感器	652	12.1.4 丙烷	727
11.2.2 温度显示与调节仪表	665	12.1.5 丁烷	727
11.2.3 温度控制执行器	672	12.1.6 天然气	727
11.2.4 热处理温度控制方法	684	12.1.7 液化石油气	727
11.3 热处理气氛控制	692	12.2 热处理盐浴用盐	728
11.3.1 热处理气氛控制系统 特点	692	12.2.1 盐浴用原料盐	728
11.3.2 气氛传感器	694	12.2.2 热处理盐浴成分及用途	728
11.3.3 气氛调节控制仪	700	12.2.3 盐浴校正剂	730
11.3.4 气氛控制执行器	700	12.3 化学热处理渗剂	731
11.3.5 渗碳工艺过程控制	700	12.3.1 渗碳剂	731
11.3.6 渗氮工艺过程控制	706	12.3.2 碳氮共渗剂	733
11.4 热处理过程真空控制	708	12.3.3 渗氮剂	734
11.4.1 热处理真空度的选择	708	12.3.4 氮碳共渗剂	735
11.4.2 真空泵	709	12.3.5 渗硫剂	736
11.5 冷却过程控制	712	12.3.6 硫氮共渗及硫氮碳共 渗剂	737
		12.3.7 QPQ 复合处理工艺用盐	738
		12.3.8 渗硅剂	739
		12.3.9 渗锌剂	740
		12.3.10 渗铝剂	740

12.3.11 渗硼剂	742	13.4.2 热处理节能的基本思路和 途径	774
12.3.12 渗铬剂	744	13.5 热处理能源及加热方式 节能	774
12.3.13 渗钒剂	746	13.5.1 热处理能源	774
12.3.14 渗钛剂	747	13.5.2 热处理加热方式与能耗	775
12.3.15 二元及多元金属共渗剂	747	13.6 热处理工艺与 节能	777
12.3.16 TD 超硬覆层处理剂	748	13.6.1 工艺设计节能	777
12.4 热处理涂料	749	13.6.2 常规热处理工艺节能	778
12.4.1 热处理保护涂料	749	13.6.3 热处理新工艺和特殊工艺 节能	779
12.4.2 化学热处理防渗涂料	751	13.7 材料与节能	784
12.5 淬火介质	753	13.8 热处理设备节能	785
12.5.1 水及盐溶液	753	13.8.1 热处理炉型选择与节能	785
12.5.2 淬火油	754	13.8.2 电阻炉的节能	786
12.5.3 聚合物淬火液	757	13.8.3 燃料炉的节能	788
12.5.4 淬火介质的选择	765	13.9 热处理的余热利用	789
12.5.5 淬火介质使用常见问题 及原因	766	13.9.1 采用烟气预热助燃空气	789
参考文献	768	13.9.2 铸造、热轧、锻造等工序 与热处理有机结合	790
第 13 章 热处理节能与环境 保护	769	13.9.3 生产线热能综合利用	790
13.1 热处理节能的几个基本 因素	769	13.9.4 废气通过预热带预热工件	791
13.1.1 能源利用率与能耗	769	13.10 热处理工辅具的节能	792
13.1.2 热效率与加热次数	770	13.10.1 工辅具能耗的产生	792
13.1.3 设备负荷率与设备利 用率	771	13.10.2 减少工辅具能耗的措施	792
13.1.4 生产率与产品质量	771	13.11 热处理控制节能	794
13.2 热处理节能技术导则	771	13.11.1 电阻炉温度控制节能	794
13.2.1 加热设备节能技术指标	771	13.11.2 燃料炉燃烧控制节能	794
13.2.2 热处理设备节能技术 措施	772	13.11.3 计算机及智能控制节能	795
13.2.3 热处理节能的工艺措施	772	13.12 热处理专业化节能	796
13.2.4 热处理节能的主要环节	772	13.12.1 热处理生产的专业化	796
13.2.5 能源管理和合理利用	773	13.12.2 热处理厂家的专业化	796
13.3 热处理节能的基本策略	773	13.13 生产管理节能	796
13.3.1 处理时间最小化	773	13.13.1 生产管理节能的基本 任务	796
13.3.2 能源转化过程最短化	773	13.13.2 生产管理节能的基本 措施	797
13.3.3 能源利用效率最佳化	773	13.14 热处理生产的环境污染 与危害	798
13.3.4 余热利用最大化	773	13.14.1 化学性有害因素对环境	
13.4 热处理节能的基本途径	773		
13.4.1 热处理能源浪费的 主要原因	773		

的影响	798	计算	810
13.14.2 物理性有害因素对环境		14.6.1 热处理设备选型的依据	810
的影响	799	14.6.2 热处理设备选型的原则	810
13.14.3 忽视生产安全的危害		14.6.3 热处理设备的选型	810
和影响	800	14.6.4 设备需要量的计算	814
13.15 热处理生产的环境保护	801	14.7 车间位置与设备平面	
13.15.1 调整能源结构	801	布置	814
13.15.2 采用少无污染的生产		14.7.1 总平面布置	814
工艺及设备	802	14.7.2 车间平面布置	815
13.15.3 废弃物综合利用	802	14.7.3 热处理车间面积	817
13.16 环境保护管理	803	14.8 热处理车间建筑物与构	
13.16.1 环境保护法规	803	筑物	823
13.16.2 环境保护的相关标准	803	14.8.1 对建筑物的要求	823
13.16.3 环境保护技术管理	804	14.8.2 厂房建筑参数	824
参考文献	805	14.9 车间公用动力和辅助材料	
第14章 热处理车间设计	806	消耗量	825
14.1 工厂设计一般程序	806	14.9.1 电气	826
14.1.1 设计阶段	806	14.9.2 燃料消耗量计算	827
14.1.2 初步设计	806	14.9.3 压缩空气消耗量计算	827
14.1.3 施工设计	806	14.9.4 生产用水量计算	828
14.2 热处理车间分类和		14.9.5 可控气氛原料消耗量	
特殊性	806	计算	829
14.2.1 热处理车间分类	806	14.9.6 蒸汽消耗量计算	830
14.2.2 热处理车间生产的		14.9.7 辅助材料消耗量计算	830
特殊性	807	14.10 热处理车间的职业安全	
14.3 热处理车间生产任务和		卫生与环境保护	830
生产纲领	807	14.10.1 职业安全卫生	830
14.4 车间工作制度及年时		14.10.2 环境保护	831
基数	808	14.11 节能与合理用能	831
14.4.1 工作制度	808	14.12 热处理车间人员定额	831
14.4.2 年时基数	808	14.13 热处理车间工艺投资及	
14.5 工艺设计	808	主要数据和技术经济	
14.5.1 工艺设计的基本原则	808	指标	832
14.5.2 工艺设计的内容	809	14.14 需要说明的主要问题	
14.5.3 零件技术要求的分析	809	及建议	834
14.5.4 零件加工路线和热处理		参考文献	834
工序的设置	809	第15章 热处理炉设计基础	
14.5.5 热处理工艺方案的制订	809	资料表	835
14.5.6 热处理工序生产纲领		表 15-1 常用热工单位换算表	835
的计算	810	表 15-2 金属材料的密度、比热容	
14.6 热处理设备的选型与			

和热导率	836	的动力粘度	849
表 15-3 常用金属不同温度的 比热容	838	表 15-29 高炉煤气 (G)、发生炉 煤气 (F) 和水煤气 (B) 的运动粘度	849
表 15-4 保温、建筑及其他材料的 密度和热导率	838	表 15-30 高炉煤气 (G)、发生炉 煤气 (F) 和水煤气 (B) 的实际比热容	849
表 15-5 几种保温、耐火材料的 热导率与温度的关系	839	表 15-31 高炉煤气 (G)、发生炉 煤气 (F) 和水煤气 (B) 的平均比热容	850
表 15-6 常用材料的线胀系数	840	表 15-32 高炉煤气 (G)、发生炉 煤气 (F) 和水煤气 (B) 的热导率	850
表 15-7 常用材料的摩擦因数	840	表 15-33 高炉煤气 (G)、发生炉 煤气 (F) 和水煤气 (B) 的热扩散率	851
表 15-8 常用材料极限强度的 近似关系	841	表 15-34 高炉煤气 (G)、发生炉 煤气 (F) 和水煤气 (B) 的普兰特准数	851
表 15-9 某些物体间的滑动摩擦 因数	841	表 15-35 天然气 (T), 石油气 (H) 和丙、丁烷气 (TD) 的密度	851
表 15-10 材料滚动摩擦因数	841	表 15-36 天然气 (T), 石油气 (H) 和丙、丁烷气 (TD) 的动力 粘度	852
表 15-11 某些物体间的滚动 摩擦系数	841	表 15-37 天然气 (T), 石油气 (H) 和丙、丁烷气 (TD) 的运动 粘度	853
表 15-12 水的物理性质	842	表 15-38 天然气 (T), 石油气 (H) 和丙、丁烷气 (TD) 的实际 比热容	853
表 15-13 干空气的物理性质	842	表 15-39 天然气 (T), 石油气 (H) 和丙、丁烷气 (TD) 的平均 比热容	854
表 15-14 1kg 干空气的湿体积和 饱和水含量	843	表 15-40 天然气 (T), 石油气 (H) 和丙、丁烷气 (TD) 的热导率	854
表 15-15 单一气体的密度	844	表 15-41 天然气 (T), 石油气 (H) 和丙、丁烷气 (TD) 的热扩 散率	855
表 15-16 单一气体的动力粘度	844	表 15-42 天然气 (T), 石油气 (H) 和丙、丁烷气 (TD) 的普兰 特准数	856
表 15-17 单一气体的运动粘度	844		
表 15-18 单一气体的平均比热容	845		
表 15-19 单一气体的热导率	845		
表 15-20 单一气体的热扩散率	846		
表 15-21 单一气体的普兰特 准数	846		
表 15-22 碳氢化合物气体的 密度	846		
表 15-23 碳氢化合物气体的动力 粘度和运动粘度	847		
表 15-24 碳氢化合物气体的平均 比热容	847		
表 15-25 焦炉煤气和碳氢化合物气体 的热导率和热扩散率	848		
表 15-26 碳氢化合物气体的普兰 特准数	848		
表 15-27 高炉煤气 (G)、发生炉 煤气 (F) 和水煤气 (B) 的密度	848		
表 15-28 高炉煤气 (G)、发生炉 煤气 (F) 和水煤气 (B)			

表 15-43	可燃气的成分和燃烧性质	857		面积、重量换算表	860
表 15-44	工业用气体燃料的比热容	857	表 15-51	高电阻电热合金带电阻、面积、重量换算表	861
表 15-45	辐射换热计算式	858	表 15-52	炉子功率与电热元件 (0Cr25Al5) 计算参考数据	863
表 15-46	常用材料的发射率 (黑度)	858	表 15-53	热处理件加热时厚、薄件的极限厚度	864
表 15-47	辐射遮蔽系数	858	表 15-54	局部阻力系数表	864
表 15-48	热处理炉的综合热交换	859	表 15-55	台车炉牵引力和推拉料机推拉力计算式	869
表 15-49	炉壁外表面的综合表面传热系数	859	表 15-56	炉衬材料图例	869
表 15-50	高电阻电热合金丝电阻、				

第1章 绪 论

山东大学 黄国靖
北京机电研究所 徐跃明

1.1 热处理设备分类

热处理设备是指用于实施热处理工艺的装备。在热处理车间内还有维持热处理生产所需的燃料、电力、水、气等动力供应设备，起重运输设备和生产安全及环保设备。

通常把完成热处理工艺操作的设备称为主要设备。把与主要设备配套的和维持生产所需的设备称为辅助设备。热处理车间内设备的分类如表1-1所示。

表 1-1 热处理车间设备分类

主 要 设 备	热处理炉	辅 助 设 备	清洗、清理设备
	加热装置		炉气氛、加热介质、渗剂制备设备
	表面改性装置		淬火介质循环冷却装置
	表面氧化装置		起重运输机械
	表面机械强化装置		质量检测设备
	淬火冷却设备		动力输送管路及辅助设备
	冷处理设备		防火、除尘等生产安全设备
	工艺参数检测、控制仪表		工夹具

1.1.1 热处理主要设备

1. 热处理炉 热处理炉是指具有炉膛的热处理加热设备。因在加热过程中炉膛首先被加热，再参与对工件的热交换，所以热处理炉的加热性质属间接加热。

2. 加热装置 加热装置是指热源直接对工件加热的装置。因此，其加热性质属直接加热。其加热方法可以是火焰直接喷烧工件，电流直接输入工件将其加热，在工件内产生感应电流加热工件及等离子体、激光、电子束冲击工件而加热等。

3. 表面改性装置 这类装置主要有气相沉积装置和离子注入装置等。气相沉积装置是指通过在气相中的物理、化学过程，在工件表面上沉积金属或化合物涂层的装置。离子注入是把氮、金属等的离子注入材料表面。这类工艺方法不同于传统的通过加热和冷却发生相变而强化金属的热处理方法，是现代新兴的一种改善金属表面性能的方法。

4. 表面氧化装置 表面氧化装置是指通过化学反应在工件表面生成一层致密的氧化膜的装置。它由一系列槽子组成，通常称发蓝槽或发黑槽。

5. 表面机械强化装置 表面机械强化装置是指利用金属丸抛击或压力辊压或施加预应力，使工件形成表面压应力或预应力状态的装置，有抛丸机和辊压机等。

6. 淬火冷却设备 淬火冷却设备是指用于热处理淬火冷却的装置，有各种冷却介质的淬火槽、喷射式淬火装置和压力淬火机等。

7. 冷处理设备 冷处理设备是指用于将热处理件冷却到0℃以下的设备。常用的装置有冷冻机、干冰冷却装置和液氮冷却装置。

8. 工艺参数检测、控制仪表 工艺参数检测、控制仪表，通常是指对温度、流量、压力等参数的检测、指示和控制仪表。随着计算机控制技术的应用，使对热处理工艺参数控制的概念发生了根本性的变化，除常规的工艺参数控制外，还有工艺过程静态和动态控制、生产过程机电一体化控制、计算机模拟仿真等。计算机的控制成为工艺过程和设备运行的指挥中心。

1.1.2 热处理辅助设备

1. 清洗和清理设备 清洗和清理设备是指对热处理前、后工件清洗或清理的设备。

常用的清洗设备有碱水溶液、磷酸水溶液、有机溶剂（氯乙烯、二氯乙烷等）的清洗槽和清洗机以及配合真空、超声波的清洗装置。