

热处理手册

典型零件热处理

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



TG15-62/2

:2

2008

热处理手册

第2卷 典型零件热处理

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。本卷为第2卷，共19章。内容包括零件热处理工艺制订原则与程序；零件热处理工艺性；齿轮、滚动轴承零件，弹簧，紧固件，大型铸锻件，工具，模具，量具，汽车、拖拉机及柴油机零件，金属切削机床零件，气动凿岩工具及钻探机械零件，农机具零件，发电设备零件，石油化工机械零件，液压元件，手表、自行车、缝纫机和纺织机械零件以及飞机零件等的热处理。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。

本手册可供热处理工程技术人员、质量检验和生产管理人员使用，也可供科研人员、设计人员、相关专业的在校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

热处理手册. 第2卷, 典型零件热处理/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

ISBN 978 - 7 - 111 - 22290 - 3

I. 热… II. 中… III. ①热处理 - 手册②机械零件 - 热处理 - 手册 IV. TG15 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 138159 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: 王兴垣 版式设计: 冉晓华 责任校对: 魏俊云

封面设计: 姚毅 责任印制: 邓博

北京双青印刷厂印刷

2008 年 1 月第 4 版·第 1 次印刷

169mm × 239mm · 24.875 印张 · 4 插页 · 1498 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 22290 - 3

定价: 78.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379644

封面无防伪标均为盗版

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“电性合金及其热处理”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“涨断连杆生产新工艺”。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

第1章 零件热处理工艺制订

原则与程序 1

- 1.1 热处理工艺制订原则 1
 - 1.1.1 工艺的先进性 1
 - 1.1.2 工艺的合理性 1
 - 1.1.3 工艺的可行性 2
 - 1.1.4 工艺的经济性 3
 - 1.1.5 工艺的可检查性 3
 - 1.1.6 工艺的安全性 3
 - 1.1.7 工艺的标准化 4
 - 1.2 热处理工艺制订依据 4
 - 1.2.1 产品图样及技术要求 4
 - 1.2.2 毛坯图或技术条件 5
 - 1.2.3 工艺标准 5
 - 1.2.4 企业条件 5
 - 1.3 工艺规程的基本内容 5
 - 1.3.1 工艺规程的基本要素 5
 - 1.3.2 工艺规程类型 7
 - 1.4 工艺规程编制程序 9
 - 1.4.1 工艺规程编制流程 9
 - 1.4.2 工艺规程编制步骤 10
- 参考文献 10

第2章 零件热处理工艺性 11

- 2.1 零件材料的合理选择 11
 - 2.1.1 材料的热处理工艺性 11
 - 2.1.2 材料的热处理种类及应用 18
 - 2.1.3 零件服役条件分析及合理选材 21
- 2.2 零件结构的合理性 22
 - 2.2.1 零件的热处理结构工艺性因素 22
 - 2.2.2 改善零件热处理工艺性

的结构设计 22

- 2.3 零件尺寸的合理性 26
 - 2.3.1 淬透性与尺寸限制 26
 - 2.3.2 热处理变形及预留加工余量 29
- 2.4 零件热处理技术要求及其标注 33
 - 2.4.1 热处理技术要求的确定 33
 - 2.4.2 热处理技术要求的标注 36
 - 2.4.3 热处理技术要求的审查 37
- 2.5 零件类别与热处理检验 38
 - 2.5.1 淬火回火件质量要求与检验 38
 - 2.5.2 表面淬火件质量要求与检验 39
 - 2.5.3 渗碳(含碳氮共渗)件质量要求与检验 39
 - 2.5.4 渗氮(含氮碳共渗)件质量要求与检验 39

参考文献 40

第3章 齿轮的热处理 41

- 3.1 齿轮受力状况及损坏特征 41
 - 3.1.1 啮合齿面间的摩擦力及齿面磨损 41
 - 3.1.2 啮合齿面的接触应力及接触疲劳 41
 - 3.1.3 齿轮的弯曲应力及弯曲疲劳 42
- 3.2 齿轮的材料热处理质量控制与疲劳强度 44
 - 3.2.1 铸铁齿轮的材料热处理质量控制与疲劳强度 44
 - 3.2.2 调质齿轮的材料热处理质量控制与疲劳强度 45
 - 3.2.3 表面淬火齿轮的材料热处理质量控制与疲劳强度 48

3.2.4 渗碳(碳氮共渗)齿轮的材料热处理质量控制及疲劳强度	49	4.2.5 铁路车辆轴箱轴承零件的热处理	162
3.2.5 渗氮齿轮的材料热处理质量控制及疲劳强度	52	4.2.6 汽车轴承零件的热处理	164
3.3 齿轮材料	55	4.3 特殊用途轴承零件的热处理	168
3.3.1 齿轮用钢	55	4.3.1 耐腐蚀轴承零件的热处理	168
3.3.2 齿轮用铸铁	61	4.3.2 高温轴承零件的热处理	175
3.3.3 齿轮用非铁金属	65	4.3.3 防磁轴承零件的热处理	184
3.4 齿轮的热处理工艺	68	4.4 其他轴承零件的热处理	187
3.4.1 齿轮的调质	69	4.4.1 保持架、铆钉等零件的热处理	187
3.4.2 齿轮的表面加热淬火	71	4.4.2 冲压滚针套等零件的热处理	190
3.4.3 齿轮的渗碳和碳氮共渗	88	参考文献	194
3.4.4 齿轮的渗氮	105		
参考文献	119		
第4章 滚动轴承零件的热处理	120	第5章 弹簧的热处理	195
4.1 一般用途滚动轴承零件的热处理	126	5.1 弹簧的分类、服役条件、失效方式和性能要求	195
4.1.1 铬钢滚动轴承零件的一般热处理	126	5.1.1 弹簧的分类	195
4.1.2 铬钢滚动轴承零件的感应加热热处理	143	5.1.2 弹簧的服役条件和失效方式	197
4.1.3 铬轴承钢的贝氏体等温淬火热处理	144	5.1.3 对弹簧的性能要求	198
4.1.4 一般铬钢轴承零件在各种设备中的热处理工艺	145	5.2 弹簧材料及其热处理	199
4.1.5 渗碳钢制中小型轴承零件的热处理	150	5.2.1 通用弹簧钢材及其热处理	199
4.1.6 中碳合金钢轴承零件的热处理	152	5.2.2 特殊用途的弹簧钢、合金钢的热处理	213
4.1.7 限制淬透性钢(GCr4)制套圈表面淬火(TSH)	154	5.3 弹簧的最终热处理	218
4.2 特大、特小、特轻、精密轴承零件的热处理	157	5.3.1 已强化材料制成弹簧的去应力退火	219
4.2.1 特大及重大型轴承零件的热处理	157	5.3.2 螺旋弹簧的热处理(淬火和回火)	224
4.2.2 微型轴承零件的热处理	158	5.3.3 板簧的热处理	228
4.2.3 精密轴承零件的热处理	160	5.3.4 扭杆弹簧及稳定杆的热处理	229
4.2.4 超轻、特轻轴承套圈的热处理	161	5.3.5 轿车悬架弹簧的热处理	231
		5.3.6 碟簧的热处理	233
		5.3.7 汽车离合器膜片弹簧的热处理	235
		5.3.8 平面蜗卷弹簧的热处理	236
		5.3.9 压缩机气阀弹簧的热处理	238
		5.3.10 卡簧的热处理	241

5.3.11 汽车车窗玻璃刮水器胶条 弹簧的热处理	243	冷却	303
5.3.12 耐热弹簧的热处理	243	7.2.3 大锻件的回火	309
5.3.13 电子表音叉的热处理	245	7.2.4 大锻件最终热处理工艺 举例	316
5.4 弹簧的特殊处理	246	7.2.5 大锻件热处理后的力学 性能	316
5.4.1 弹簧的喷丸强化处理	246	7.3 大锻件的化学热处理	322
5.4.2 高应力弹簧的离子渗氮	251	7.3.1 大型重载齿轮的深层渗碳	322
5.4.3 弹簧的应力松弛和抗应力 松弛处理	254	7.3.2 大锻件的渗氮处理	323
参考文献	262	7.4 热轧工作辊的热处理	323
第6章 紧固件的热处理	264	7.4.1 热轧工作辊的种类、材质 及技术要求	323
6.1 螺纹紧固件的热处理	264	7.4.2 锻后热处理(正火+ 回火)	324
6.1.1 通用螺纹紧固件	264	7.4.3 调质	324
6.1.2 专用螺纹紧固件	277	7.5 冷轧工作辊的热处理	325
6.2 垫圈、挡圈、销和铆钉 的热处理	287	7.5.1 冷轧工作辊的种类和 技术要求	325
6.2.1 垫圈和挡圈	287	7.5.2 冷轧工作辊用钢	325
6.2.2 销	288	7.5.3 冷轧工作辊制造工艺路线	326
6.2.3 铆钉	289	7.5.4 锻后热处理	326
6.3 质量检查和控制	289	7.5.5 调质	326
6.3.1 脱碳与渗碳	289	7.5.6 淬火与回火	327
6.3.2 硬度与强度的关系	290	7.6 支承辊的热处理	333
6.3.3 再回火试验	290	7.6.1 支承辊的种类和技术要求	333
6.3.4 氢脆的检查和控制	290	7.6.2 支承辊用钢	333
参考文献	290	7.6.3 锻后热处理	334
第7章 大型锻铸件的热处理	291	7.6.4 预备热处理	334
7.1 大型锻件的锻后热处理	291	7.6.5 最终热处理	334
7.1.1 大锻件中的白点与氢脆	291	7.7 大锻件的其他热处理 工艺	336
7.1.2 大锻件的扩氢计算	292	7.7.1 锻件切削加工后的去 应力退火	336
7.1.3 大锻件的晶粒细化问题	294	7.7.2 锻件矫直加热与回火 工艺	336
7.1.4 锻后热处理工艺制定原则 与工艺参数	294	7.7.3 电渣焊焊接件的热处理 工艺	337
7.1.5 大锻件锻后热处理的基本 工艺类型与典型工艺曲线	295	7.8 大型铸件的热处理	337
7.2 大型锻件的最终热处理	300	7.8.1 大型铸件热处理的种类 与目的	338
7.2.1 大锻件淬火、正火时的 加热	300	7.8.2 重型机械类铸件热处理 实例	338
7.2.2 大锻件淬火、正火时的			

参考文献	344	热处理	390
第8章 工具的热处理	345	8.5.13 常用五金和木工工具的 热处理	391
8.1 工具的服役条件及工具 用钢	345	参考文献	393
8.1.1 工具的服役条件	345	第9章 模具的热处理	394
8.1.2 工具的失效特征	345	9.1 模具材料分类及要求	394
8.1.3 工具用钢	345	9.1.1 模具材料的分类	394
8.1.4 工具用钢的质量要求	348	9.1.2 模具材料的使用和工艺 性能要求	396
8.2 工具钢的热处理工艺	349	9.2 冷作模具的热处理	397
8.2.1 碳素工具钢与合金工具 钢的热处理工艺	349	9.2.1 冷作模具的工作条件和 要求	397
8.2.2 高速钢的热处理	354	9.2.2 冷作模具的主要失效形式	397
8.3 工具钢热处理后的金相 组织	367	9.2.3 冷作模具钢的选用	397
8.3.1 碳素工具钢与合金工具 钢热处理后的金相 组织	368	9.2.4 冷作模具的热处理工艺	401
8.3.2 高速钢热处理后的金相 组织	368	9.3 热作模具的热处理	408
8.4 如何获得高速钢工具的最 佳使用寿命	376	9.3.1 热作模具的工作条件和 要求	408
8.4.1 材料与材质的影响	376	9.3.2 热作模具的主要失效形式	408
8.4.2 热处理的影响	376	9.3.3 热作模具材料的选用	409
8.4.3 力学性能的影响	377	9.3.4 热作模具的热处理工艺	411
8.4.4 显微组织的影响	378	9.4 塑料模具的热处理	419
8.4.5 表面状态对工具寿 命的影响	379	9.4.1 塑料模具的工作条件和 分类	419
8.5 典型工具的热处理	379	9.4.2 塑料模具的主要失效形式	419
8.5.1 锉刀的热处理	379	9.4.3 塑料模具材料的选用	420
8.5.2 手用锯条的热处理	380	9.4.4 塑料模具钢的热处理工艺	421
8.5.3 手用丝锥的热处理	380	9.5 提高模具性能和寿命的 途径	424
8.5.4 圆板牙的热处理	381	9.5.1 高强韧模具材料的应用 及效果	424
8.5.5 手用铰刀的热处理	381	9.5.2 模具强韧化处理工艺及 实例	425
8.5.6 搓丝板的热处理	382	9.5.3 模具表面强化技术及 应用实例	427
8.5.7 滚丝轮的热处理	383	9.6 模具热处理缺陷分析 及预防措施	431
8.5.8 车刀的热处理	384	9.6.1 模具热处理的畸变方式 及控制	431
8.5.9 拉刀的热处理	385	9.6.2 模具热处理常见缺陷及 预防措施	436
8.5.10 齿轮刀具的热处理	387		
8.5.11 小型高速钢刀具的 热处理	388		
8.5.12 高速钢对焊刀具的			

参考文献	437	11.2.5 活塞销的常见热处理缺陷 及预防补救措施	462
第 10 章 量具热处理	438	11.3 连杆的热处理	462
10.1 量具用钢	438	11.3.1 连杆的服役条件和失效 方式	462
10.1.1 对量具用钢的要求	438	11.3.2 连杆材料	462
10.1.2 量具常用钢种及 质量要求	438	11.3.3 连杆的热处理工艺	464
10.2 量具热处理工艺	440	11.3.4 连杆的质量检验	467
10.2.1 量具制造工艺路线简介	440	11.3.5 连杆的常见热处理缺陷 及预防补救措施	469
10.2.2 预备热处理(或第一次 热处理)	440	11.4 曲轴的热处理	470
10.2.3 最终热处理(或第二次 热处理)	441	11.4.1 曲轴的服役条件和失效 方式	470
10.2.4 量具热处理的技术要求	443	11.4.2 曲轴材料	470
10.2.5 量块及高尺寸稳定性量规的 热处理特点	443	11.4.3 曲轴的热处理工艺	470
10.2.6 热处理后机械加工(磨削) 对量具的影响	445	11.4.4 曲轴的质量检验	477
10.3 典型量具热处理	446	11.4.5 曲轴的常见热处理缺陷 及预防补救措施	477
10.3.1 百分表零件的热处理	446	11.5 凸轮轴的热处理	478
10.3.2 游标卡尺零件的热处理	446	11.5.1 凸轮轴的服役条件和失效 方式	478
10.3.3 千分尺零件的热处理	448	11.5.2 凸轮轴材料	478
10.3.4 螺纹环规和塞规的 热处理	448	11.5.3 凸轮轴的热处理工艺	480
10.3.5 卡规的热处理	448	11.5.4 凸轮轴的质量检验	482
参考文献	450	11.5.5 凸轮轴的常见热处理缺陷 及预防补救措施	482
第 11 章 汽车、拖拉机及柴油机 零件的热处理	451	11.6 挺杆的热处理	483
11.1 活塞环的热处理	451	11.6.1 挺杆的服役条件和失效 方式	483
11.1.1 活塞环的服役条件和 失效方式	451	11.6.2 挺杆的材料	483
11.1.2 活塞环的材料	451	11.6.3 挺杆的热处理工艺	485
11.1.3 活塞环的热处理工艺	454	11.6.4 挺杆的质量检验	489
11.1.4 活塞环的表面处理	455	11.6.5 挺杆的常见热处理缺陷 及预防补救措施	489
11.1.5 活塞环的质量检验	456	11.7 排气阀的热处理	490
11.2 活塞销的热处理	458	11.7.1 排气阀的服役条件和失效 方式	490
11.2.1 活塞销的服役条件和 失效方式	458	11.7.2 排气阀的材料	491
11.2.2 活塞销材料	458	11.7.3 排气阀的热处理工艺	494
11.2.3 活塞销的热处理工艺	459	11.7.4 排气阀的质量检验	498
11.2.4 活塞销的质量检验	461	11.7.5 排气阀的常见热处理缺陷 及预防补救措施	498

11.8 半轴的热处理	499	的进展	535
11.8.1 半轴的服役条件和失效方式	499	12.3 机床丝杠的热处理	535
11.8.2 半轴材料	499	12.3.1 丝杠服役条件及失效形式	535
11.8.3 半轴的热处理工艺	500	12.3.2 丝杠材料	535
11.8.4 半轴的质量检验	505	12.3.3 梯形螺纹丝杠的热处理	537
11.8.5 半轴的常见热处理缺陷及预防补救措施	505	12.3.4 滚珠丝杠的热处理	540
11.9 喷油泵柱塞偶件和喷油嘴偶件的热处理	506	12.3.5 丝杠特殊的热处理工艺	542
11.9.1 喷油泵和喷油嘴偶件的服役条件和失效方式	506	12.4 机床基础件的去应力处理	543
11.9.2 喷油泵和喷油嘴材料	506	12.4.1 机床基础件服役条件及失效形式	543
11.9.3 喷油泵和喷油嘴偶件的热处理工艺	507	12.4.2 自然时效	543
11.10 履带板的热处理	512	12.4.3 热时效	543
11.10.1 履带板的服役条件和失效方式	512	12.4.4 振动时效	545
11.10.2 履带板材料	512	12.5 机床其他零件的热处理	545
11.10.3 履带板的热处理工艺	513	12.5.1 机床附件的热处理	545
11.10.4 履带板的质量检验	514	12.5.2 机床离合器零件的热处理	547
参考文献	514	12.5.3 弹簧夹头的热处理	550
第12章 金属切削机床零件的热处理	515	12.5.4 蜗杆的热处理	552
12.1 机床导轨的热处理	515	12.5.5 花键轴的热处理	553
12.1.1 导轨服役条件及失效形式	515	参考文献	554
12.1.2 导轨材料	515	第13章 气动凿岩工具及钻探机械零件的热处理	555
12.1.3 铸铁导轨的感应淬火	516	13.1 凿岩机与冲击器活塞的热处理	555
12.1.4 铸铁导轨的火焰淬火	522	13.1.1 工作条件及失效形式	555
12.1.5 铸铁导轨的接触电阻加热淬火	523	13.1.2 凿岩机与冲击器活塞的材料	555
12.1.6 镶钢导轨热处理	525	13.1.3 20CrMnMo 钢活塞的热处理	556
12.1.7 机床导轨用材和热处理的发展	525	13.1.4 35CrMoV 钢活塞的热处理	558
12.2 机床主轴的热处理	528	13.1.5 钒钢活塞的热处理	558
12.2.1 主轴服役条件及失效形式	528	13.1.6 20Ni4Mo 高风压活塞的热处理	561
12.2.2 主轴材料	528	13.2 凿岩机主要渗碳件的热处理	562
12.2.3 主轴的热处理工艺	530	13.2.1 工作条件及失效形式	563
12.2.4 机床主轴用材料及热处理			

13.2.2	技术条件和使用材料	564	14.1.2	农机耐磨零件的力学性能要求	589
13.2.3	制造工艺路线	564	14.1.3	农机耐磨零件的组织要求	592
13.2.4	热处理工艺	564	14.1.4	农机具零件的特殊性能要求	596
13.2.5	渗碳件热处理的质量检验	564	14.2	耕整机械典型零件的热处理	600
13.2.6	热处理常见缺陷及防止方法	564	14.2.1	犁铧的热处理	600
13.3	凿岩用钎头	568	14.2.2	犁壁的热处理	603
13.3.1	工作条件及失效形式	568	14.2.3	圆盘的热处理	605
13.3.2	技术条件和使用材料	568	14.2.4	锄铲的热处理	607
13.3.3	制造工艺路线	569	14.2.5	旋耕刀的热处理	611
13.3.4	热处理工艺	569	14.3	收获与采集机械典型刀片的热处理	612
13.4	凿岩机钎尾及成品钎杆的热处理	572	14.3.1	剪毛机刀片的热处理	613
13.4.1	工作条件及失效形式	572	14.3.2	往复式收割机刀片的热处理	615
13.4.2	技术条件和使用材料	573	14.3.3	秸秆和根茬粉碎还田机刀片的热处理	617
13.4.3	制造工艺路线	574	14.3.4	铡草和青饲料切碎刀片的热处理	619
13.4.4	热处理工艺	575	14.4	农产品加工机械典型零件的热处理	621
13.4.5	技术要求和质量检验	575	14.4.1	脱粒机弓齿、钉齿与切草刀的热处理	621
13.5	其他气动工具零件的热处理	576	14.4.2	粉碎机锤片的热处理	623
13.6	牙轮钻机三牙轮钻头	578	14.4.3	筛片的热处理	625
13.6.1	工作条件及失效形式	578	14.4.4	颗粒饲料压粒机环模与压辊的热处理	626
13.6.2	技术条件和使用材料	578	14.4.5	轧棉花机、剥绒机锯片和肋条的热处理	629
13.6.3	制造工艺路线	579	14.4.6	榨油机的榨螺的热处理	631
13.6.4	热处理工艺	579	14.5	小农具材料及其热处理	633
13.6.5	质量检验	580	14.6	预防热处理缺陷的措施	633
13.7	钻探机械钻具的热处理	581	14.6.1	空气炉加热防氧化脱碳	633
13.7.1	工作条件及失效形式	581	14.6.2	预防回火脆性	634
13.7.2	技术条件和使用材料	581	14.6.3	预防淬火开裂	636
13.7.3	钻具的制造工艺路线	582	14.6.4	热管冷却技术在热处理车间的应用	636
13.7.4	钻具的热处理	582			
13.7.5	钻具热处理的质量检验	584			
13.7.6	钻具热处理常见缺陷及防止方法	584			
	参考文献	585			
第14章	农机具零件的热处理	586			
14.1	农机具零件的服役条件、失效方式与性能要求	586			
14.1.1	农机零件的磨损失效	586			

参考文献	637	15.6 锅炉构件及输汽管 的热处理	671
第 15 章 发电设备零件 的热处理	639	15.6.1 锅炉用钢管及钢板的服 役条件和零件失效方式	671
15.1 汽轮机转子和发电机转子 的热处理	639	15.6.2 锅炉钢管及钢板用钢	672
15.1.1 汽轮机转子和汽轮发电机转 子的服役条件及失效 方式	639	15.6.3 锅炉构件的热处理	675
15.1.2 转子用钢	640	参考文献	677
15.1.3 转子锻件的热处理	648	第 16 章 石油化工机械 零件的热处理	679
15.1.4 常见大型转子锻件热处理 缺陷及预防措施	652	16.1 泥浆泵零件的热处理	679
15.2 汽轮发电机无磁性护环 的热处理	653	16.1.1 液缸的热处理	679
15.2.1 护环的服役条件及失效 方式	653	16.1.2 缸套的热处理	680
15.2.2 护环用钢	653	16.1.3 阀体与阀座的热处理	682
15.2.3 护环锻件的热处理	654	16.1.4 活塞杆的热处理	683
15.2.4 常见护环锻件热处理缺陷 及预防措施	655	16.2 钻机绞车零件的热处理	684
15.3 汽轮机叶轮的热处理	655	16.2.1 制动鼓的热处理	684
15.3.1 叶轮的服役条件及 失效方式	655	16.2.2 石油钻机链条的热处理	686
15.3.2 叶轮用钢	655	16.3 钻探工具的热处理	688
15.3.3 汽轮机叶轮锻件的 热处理	656	16.3.1 吊环的热处理	688
15.3.4 叶轮锻件热处理常见缺陷 及预防措施	658	16.3.2 吊卡的热处理	690
15.4 汽轮机叶片的热处理	658	16.3.3 钻杆接头的热处理	691
15.4.1 叶片的服役条件及 失效方式	658	16.3.4 抽油杆的热处理	693
15.4.2 叶片用钢	659	16.3.5 公母锥的热处理	694
15.4.3 叶片毛坯的热处理	666	16.3.6 抽油泵泵筒的热处理	695
15.4.4 叶片的特种热处理	667	16.3.7 石油钻头的热处理	696
15.5 汽轮机螺栓的热处理	668	16.4 钻机齿轮的热处理	698
15.5.1 汽轮机螺栓的服役条件 及失效方式	668	16.4.1 石油钻机弧齿锥齿轮 的热处理	698
15.5.2 汽轮机螺栓用钢	668	16.4.2 转盘齿轮的热处理	700
15.5.3 螺栓毛坯的热处理	670	16.5 化工机械零件的热处理	701
15.5.4 常见螺栓热处理缺陷 及预防措施	671	16.5.1 压力容器的热处理	701
		16.5.2 典型容器的热处理	706
		16.5.3 压缩机阀片的热处理	708
		16.5.4 低温压缩机壳体的 热处理	709
		16.5.5 天然气压缩机活塞 杆的热处理	711
		参考文献	712
		第 17 章 液压元件的零件 热处理	713
		17.1 概述	713

17.2 齿轮泵零件的热处理	713	18.3.2 工业缝纫机零件的 热处理	750
17.2.1 齿轮的热处理	713	18.4 纺织机械零件的热处理	754
17.2.2 齿轮泵轴的热处理	713	18.4.1 零件简介	755
17.2.3 泵体的热处理	714	18.4.2 热处理工艺	759
17.3 叶片泵零件的热处理	716	18.4.3 热处理质量检验与控制	762
17.3.1 转子的热处理	716	18.4.4 常见热处理缺陷及 防止方法	762
17.3.2 定子的热处理	716	参考文献	763
17.3.3 叶片泵轴的热处理	719	第19章 飞机零件的热 处理	764
17.3.4 叶片的热处理	719	19.1 飞机零件材料和热处理 特点	764
17.3.5 配油盘的热处理	719	19.2 飞机起落架外筒的 热处理	764
17.4 柱塞泵零件的热处理	719	19.2.1 服役条件及失效方式	764
17.5 液压阀零件的热处理	724	19.2.2 使用材料和零件技术 要求	765
17.5.1 滑阀的热处理	724	19.2.3 工艺路线	765
17.5.2 阀座的热处理	724	19.2.4 热处理工艺	765
17.5.3 提动阀和提动阀座的 热处理	724	19.2.5 常见热处理缺陷及 预防措施	765
17.6 液压元件的零件热处理 的质量检验	726	19.3 飞机蒙皮的热处理	766
参考文献	727	19.3.1 服役条件和性能要求	766
第18章 手表、自行车、缝纫 机和纺织机械零件的 热处理	728	19.3.2 使用材料和零件技术 要求	766
18.1 手表零件的热处理	728	19.3.3 工艺路线	766
18.1.1 手表零件用材料与热处 理工艺	728	19.3.4 热处理工艺	766
18.1.2 手表零件的典型热处理 工艺	731	19.3.5 常见热处理缺陷及预防 补救措施	766
18.1.3 手表零件热处理质量 检验要求	734	19.4 压气机叶片的热处理	766
18.1.4 手表零件热处理缺陷 及预防措施	734	19.4.1 服役条件和性能要求	766
18.2 自行车零件的热处理	737	19.4.2 使用材料及零件技术 要求	767
18.2.1 自行车零件的热处理 工艺	739	19.4.3 工艺路线	767
18.2.2 自行车零件热处理 质量检验	743	19.4.4 热处理工艺	767
18.2.3 自行车零件热处理常见 缺陷及防止措施	744	19.4.5 常见热处理缺陷及预防 补救措施	768
18.3 缝纫机零件的热处理	744	19.5 涡轮叶片的热处理	768
18.3.1 家用缝纫机零件的 热处理	745	19.5.1 服役条件及性能要求	768
		19.5.2 使用材料及零件技术	

要求	768	19.7.5 常见热处理缺陷及预防	
19.5.3 工艺路线	769	补救措施	774
19.5.4 热处理工艺	769	19.8 燃烧室的热处理	775
19.5.5 常见热处理缺陷及预防		19.8.1 服役条件和性能要求	775
补救措施	770	19.8.2 使用材料和零件技术	
19.6 涡轮盘的热处理	771	要求	775
19.6.1 服役条件和性能要求	771	19.8.3 工艺路线	775
19.6.2 使用材料及零件技术		19.8.4 热处理工艺	776
要求	771	19.8.5 常见热处理缺陷及预防	
19.6.3 工艺路线	772	补救措施	776
19.6.4 热处理工艺	772	19.9 航空齿轮的热处理	776
19.6.5 常见热处理缺陷及预防		19.9.1 服役条件和性能要求	776
补救措施	773	19.9.2 常用材料和零件技术	
19.7 涡轮轴的热处理	773	要求	776
19.7.1 服役条件和性能要求	773	19.9.3 工艺路线	777
19.7.2 使用材料和零件技术		19.9.4 热处理工艺	777
要求	773	19.9.5 常见热处理缺陷及预防	
19.7.3 工艺路线	773	补救措施	778
19.7.4 热处理工艺	774	参考文献	779

第1章 零件热处理工艺制订原则与程序

中国南方航空工业有限责任公司 苏怡兴

热处理工艺是指零件热处理作业的全过程，包括热处理规程的制订、工艺过程控制与质量保证、工艺管理、工艺工装（设备）以及工艺试验和质量检验等，通常所说的热处理工艺就是指工艺规程的制订。

热处理工艺规程的编制是零件热处理工艺工作中最主要、最基本的工作内容，也是充分发挥材料的力学性能和零件的服役能力。因此，确切地说，工艺规程的编制工作属于工程设计的范畴，是工程工作中重要的一个环节。

制订正确、合理的热处理工艺必须从企业实际出发，考虑企业从事热处理工作的人员素质、管理水平、生产条件等，依据相关的技术标准和资料，以及质量保证和检验能力，设计编制出正确、完善、合理的热处理工艺规程。

完善合理的热处理工艺，不但能优质高效地生产出合格的产品，提高产品的服役寿命，而且能降低生产成本，提高企业的经济效益。

1.1 热处理工艺制订原则

热处理工艺制订应遵守以下原则：

- 1) 工艺的先进性。
- 2) 工艺的合理性。
- 3) 工艺的可行性。
- 4) 工艺的经济性。
- 5) 工艺的可检查性。
- 6) 工艺的安全性。
- 7) 工艺的标准化。

1.1.1 工艺的先进性

先进的热处理工艺是企业参与市场竞争的实力和财富。具备领先于其他企业的热处理工艺技术，就能使企业优先占领市场，就能为企业创造更多的财富。

热处理工艺先进性包括的内容见表1-1。

表 1-1 热处理工艺的先进性

序号	要素	内容	目的
1	采用新工艺、新技术	充分采用新的热处理工艺方法及新的热处理工艺技术	满足设计图样技术要求；提高产品工艺质量和稳定产品热处理质量
2	热处理设备的技术改造和更新	改造旧设备；购置新设备（加热设备、热处理辅助设备）	满足热处理工艺发展的需要；提高生产能力和产品质量；适应技术进步的需求
3	采用新型工艺材料	采用新型加热、冷却介质及防护特性的涂料	提高产品热处理质量；提高产品热处理后的表面质量

1.1.2 工艺的合理性

热处理工艺制订应最大限度避免产生热处理缺陷（如显微组织、材料晶粒度、材料力学性能均应符合和满足标准要求；零件畸变要小；不应产生淬火裂纹；无增碳和增氮以及脱碳现

象；化学热处理应满足标准要求的组织及深度，硬度等）。热处理工艺流程要短，减少辅助工序和多余程序，整个处理工序操作者掌握操作应简单，减少过程中人为因素，确保产品的质量稳定性。

热处理工艺的合理性应考虑的内容见表1-2。

表 1-2 热处理工艺的合理性

序号	要素	内容	目的
1	工艺安排的合理性	零件制造流程中, 热处理工序安排是否恰当; 确保零件热处理后各部分质量一致; 减少后续工序的加工难度; 避免增加不必要的辅助工序	从热处理工艺的特性与机械加工协调, 保证零件最终要求, 流程中安排好热处理工序; 热处理工艺参数、冷却方式要确保零件的力学性能一致性; 有效控制零件畸变, 确保零件最终尺寸要求; 减少辅助工序, 使零件生产周期减短, 降低制造成本
2	零件热处理要求合理性	热处理工艺应与零件材料特性相适应; 零件的几何尺寸和形状应与工艺特性相匹配	满足设计要求, 又保证热处理质量; 热处理是通过加热、冷却方式完成的, 热处理畸变、氧化脱碳等要求控制在一定范围内
3	工艺方法及工艺参数合理性	为满足产品要求, 选择合适的工艺方法; 工艺方法应简单; 选择合适的工艺参数	选择合适的工艺方法(如不同的淬火方法)会得到事半功倍的效果; 减少生产成本, 便于操作; 选择工艺参数应依据相关标准, 与标准不同的工艺参数应有试验根据
4	热处理前零件尺寸、形状的合理性	零件的截面尺寸不应相差悬殊; 薄壁件热处理应选用工装或夹具; 避免零件留有尖角、锐边	防止零件热处理后变形过大和开裂; 减少零件翘曲、畸变过大; 避免零件裂纹等缺陷
5	热处理前零件状态的合理性	铸、锻件应经退火、正火等预备热处理; 焊接件不应在盐浴炉加热; 切削量过大, 零件应进行消除应力; 毛坯件应去除氧化皮	消除毛坯应力; 防止焊缝被盐侵蚀, 清洗不干净, 使用过程中开裂; 防止零件畸变; 防止后续处理出现局部硬度偏低或硬度不足

1.1.3 工艺的可行性

根据企业的热处理条件、人员结构素质、管理水平制订的工艺才能使生产正常运转。对于个

别零件需求的特殊方法处理, 不一定需要购置新设备来生产, 利用外协对生产更为有利。

热处理工艺可行性应考虑的内容见表 1-3。

表 1-3 热处理工艺的可行性

序号	要素	内容	目的
1	企业热处理条件	人员结构及素质; 热处理设备配备程度、设备精度及工艺能力	保证工艺的实施正确性; 保证工艺完成和发展能力
2	操作人员的专业技术水平	人员的文化程度、专业技术水平及对工艺操作的熟练程度	正确地理解工艺要求保证工艺要求正正确实行
3	工艺技术的合法性	所制订的工艺参数、方法依据合法的技术文件 新技术、新材料、新工艺应在试验基础上经评审鉴定和认可	保证工艺制订有法可依, 有据可查; 工艺的合法性