

热处理手册

典型零件热处理

第3版

中国机械工程学会热处理专业分会
《热处理手册》编委会 编

2

热 处 理 手 册

(第 3 版)

第 2 卷 典型零件热处理

中国机械工程学会热处理专业分会
《热处理手册》编委会 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,本版为第3版,共4卷。
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。

本卷为第2卷,共19章。内容包括齿轮、滚动轴承零件、弹簧、紧
固件、大型铸锻件、工模量具、汽车拖拉机零件、金属切削机床零件、
气动工具及钻探机械零件、农机具典型零件、发电供电设备零件、石
油化工机械零件、液压元件、轻工产品零件和飞机零件等的热处理。此外,
本卷还论述了热处理工艺制订原则和程序及零件的热处理工艺性。

本卷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2卷,典型零件热处理/中国机械工
程学会热处理专业分会《热处理手册》编委会编. —3
版. —北京:机械工业出版社,2001.5

ISBN 7-111-02355-2

I. 热… II. 中… III. ①热处理-手册②零部件
-热处理 IV. TG15

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第03581号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:韩会民 版式设计:冉晓华 责任校对:姚培新
季顺利 吴美英

封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年7月第3版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·22.25印张·3插页·1340千字

117 251—120 250册

定价:62.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677—2527

117 251 / 53

中国机械工程学会热处理专业分会
《热处理手册》第3版编委会 名单

主任委员	孙大涌					
副主任委员	王广生	刘 迨	俞少罗	雷廷权	樊东黎	
委 员	王广生	安运铮	刘 迨	李福臣	俞少罗	
	宋余九	周敬恩	侯增寿	荀毓闽	崔 昆	
	黄国靖	雷廷权	潘 邻	潘健生	樊东黎	
《热处理手册》总主编	樊东黎	王广生				
本 卷 主 编	王广生	周敬恩				

前 言

四卷本的《热处理手册》于1992年10月完成第2版修订，并出版发行，至今已重印7次四卷、累计印数30万余册。

按照中国机械工程学会热处理专业分会第二届第三次理事扩大会议决议，手册将逐版修订下去，不断删去过时落后的内容，补充国内外最新成就及先进的生产技术，使其永葆青春活力，为行业技术进步起持续推动作用。

根据手册第3版修订编委会通过的编例，本次修订的主要原则是：以总结国内先进经验、科研开发和引进技术消化吸收成果为主，同时吸收国外成熟的先进技术；普及与提高相结合；力求资料和数据的科学性、实用性、可靠性和先进性。手册的读者对象定位为中专文化程度以上的从事热处理生产的技术人员；也可供科研、开发、设计人员，教师、学生、生产管理人员和熟练技术工人参考。

手册第3版修订后仍为四卷，分四个分册出版。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。

修订后，第1卷的主要变动为：增加“冷却”一章，旨在提高对冷却重要性的认识；将基础部分的钢铁加热转变和冷却转变放在相应的“加热”和“冷却”各章中；“钢的淬透性”和“回火转变”放在“整体热处理”一章的“淬火与回火”一节；将铁碳合金相图和非铁合金相图放在第1章的概论，将“深冷处理”作为“淬火钢深度冷却过程”一节，放在“冷却”一章中；取消“其他热处理方法”一章，将“激光电子束热处理”放在“表面热处理”一章；“离子化学热处理”并入“化学热处理”一章；将“奥氏体状态化学热处理”和“铁素体状态化学热处理”合并为“化学热处理”；将“形变热处理”从“其他热处理”中的一节提升为章；在“功能合金热处理”一章中增加“形状记忆合金”一节。

修订后，第2卷的主要变动为：增加了“零件热处理工艺制订原则和程序”以及“热处理工艺性”两章，重点说明机器零件热处理工艺制订的通则和零件热处理与设计、结构、使用条件的关系；在各种零件热处理各章都增加了“失效分析”一节，使热处理工艺措施能够对症下药；将“大型锻件热处理”、“轧辊热处理”和“电站设备零件热处理”中的“转子和叶轮锻件预备热处理”部分合并为“大型锻铸件热处理”一章；在“发电供电设备零件热处理”一章中补充“汽轮机叶片热处理”一节。

第3卷内容作了如下变动：增加“热处理工艺材料”和“热处理节能与环境保护”两章；把“热处理的机械化和自动化”一章改为“热处理生产过程控制”。

第4卷改动的主要内容为：在质量的控制和检验两部分内容中把重点放在了质量的控制和管理；在“宏观组织检验及断口分析”一章中补充“失效分析方法”一节；增加了新的检验和试验研究方法；在“热处理常用数据”中增加了许多新的有用数据。

由这些内容的变动和补充可知,本次修订的绝大部分内容是重新编写,而不是简单的修改补充。经本次修订出版后的热处理手册肯定会使读者耳目一新。

中国机械工程学会热处理专业分会
《中国热处理手册》第3版编辑委员会

目 录

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 2

1.1.5 工艺的可检查性 2

1.1.6 工艺的安全性 2

1.1.7 工艺的标准化 2

1.2 热处理工艺制定依据 3

1.2.1 产品图样及技术要求 3

1.2.2 毛坯图或技术条件 3

1.2.3 工艺标准 3

1.2.4 企业条件 3

1.3 工艺规程的基本内容 3

1.3.1 工艺规程的基本要素 3

1.3.2 工艺规程类型 5

1.4 工艺规程编制程序 7

1.4.1 工艺规程编制流程 7

1.4.2 工艺规程编制步骤 8

参考文献 8

第2章 零件热处理工艺性 9

2.1 零件材料的合理选择 9

2.1.1 材料的热处理工艺性 9

2.1.2 材料的热处理种类及 应用 16

2.1.3 零件服役条件分析及合 理选材 19

2.2 零件结构的合理性 20

2.2.1 零件的热处理结构 工艺性因素 20

2.2.2 改善零件热处理工艺性 的结构设计 20

2.3 零件尺寸的合理性 24

2.3.1 淬透性与尺寸限制 24

2.3.2 热处理变形及预留加工 余量 26

2.4 零件热处理技术要求 及其标注 31

2.4.1 热处理技术要求的确定 31

2.4.2 热处理技术要求的标注 31

2.4.3 热处理技术要求的审查 35

2.5 零件类别与热处理检验 36

2.5.1 淬火回火件质量要求与 检验 36

2.5.2 表面淬火件质量要求与 检验 37

2.5.3 渗碳(含碳氮共渗)件质量 要求与检验 37

2.5.4 渗氮(含氮碳共渗)件质量 要求与检验 37

参考文献 37

第3章 齿轮的热处理 39

3.1 齿轮受力状况及损坏特征 39

3.1.1 啮合齿面间的摩擦力 及齿面磨损 39

3.1.2 啮合齿面的接触应力 及接触疲劳 39

3.1.3 齿轮的弯曲应力及 弯曲疲劳 40

3.2 齿轮材料 42

3.2.1 齿轮用钢 42

3.2.2 齿轮用铸铁 46

3.2.3 齿轮用有色金属 50

3.3 齿轮的热处理工艺 53

3.3.1 齿轮的调质 53

3.3.2 齿轮的表面加热淬火 55

3.3.3 齿轮的化学热处理 70

参考文献 96

第4章 滚动轴承零件的

热处理 97

4.1 一般用途滚动轴承零件的热处理	101
4.1.1 铬钢滚动轴承零件的一般热处理	101
4.1.2 铬钢滚动轴承零件的感应加热热处理	116
4.1.3 铬轴承钢的贝氏体淬火热处理	117
4.1.4 一般铬钢轴承零件在各种设备中的热处理工艺	118
4.1.5 渗碳钢制中小型轴承零件的热处理	124
4.1.6 中碳合金钢轴承零件的热处理	126
4.1.7 限制淬透性钢 (GCr4) 制套圈表面淬火	127
4.2 特大、特小、特轻、精密轴承零件的热处理	130
4.2.1 特大及重大型轴承零件的热处理	130
4.2.2 微型轴承零件的热处理	131
4.2.3 精密轴承零件的热处理	133
4.2.4 超轻、特轻轴承套圈的热处理	134
4.2.5 铁路车辆轴承零件的热处理	135
4.3 特殊用途轴承零件的热处理	137
4.3.1 耐腐蚀轴承零件的热处理	137
4.3.2 高温轴承零件的热处理	143
4.3.3 防磁轴承零件的热处理	150
4.4 其他轴承零件的热处理	153
4.4.1 保持架、铆钉等零件的热处理	153
4.4.2 冲压滚针轴承套圈等零件的热处理	156
参考文献	158

第5章 弹簧的热处理 159

5.1 弹簧的分类、服役条件失效方式和性能要求	159
5.1.1 弹簧的分类	159
5.1.2 弹簧的服役条件和失效方式	161
5.1.3 对弹簧的性能要求	162
5.2 弹簧材料及其热处理	163
5.2.1 通用弹簧钢材及其热处理	163
5.2.2 特殊用途的弹簧钢、合金钢的热处理	176
5.3 弹簧的最终热处理	181
5.3.1 已强化材料制成弹簧的去应力退火	182
5.3.2 螺旋弹簧的热处理 (淬火和回火)	187
5.3.3 板簧的热处理	191
5.3.4 扭杆弹簧及稳定杆的热处理	192
5.3.5 轿车悬架弹簧的热处理	194
5.3.6 碟簧的热处理	196
5.3.7 汽车离合器膜片弹簧的热处理	198
5.3.8 平面蜗卷弹簧的热处理	199
5.3.9 压缩机气阀弹簧的热处理	201
5.3.10 卡簧的热处理	204
5.3.11 汽车风挡玻璃雨刮器胶条弹簧的热处理	206
5.3.12 耐热弹簧的热处理	206
5.3.13 电子表音叉的热处理	208
5.4 弹簧的特殊处理	209
5.4.1 弹簧的喷丸强化处理	209
5.4.2 高应力弹簧的离子渗氮	214
5.4.3 弹簧的应力松弛和抗应力松弛处理	217
参考文献	225

第6章 紧固件的热处理 227

6.1 螺纹紧固件的热处理	227
6.1.1 通用螺纹紧固件	227
6.1.2 专用螺纹紧固件	238

6.2 垫圈、挡圈、销和铆钉 的热处理	248
6.2.1 垫圈和挡圈	248
6.2.2 销	249
6.2.3 铆钉	250
6.3 质量检查和控制	250
6.3.1 脱碳与渗碳	250
6.3.2 硬度与强度的关系	251
6.3.3 再回火试验	251
6.3.4 氢脆的检查和控制	251
参考文献	251

第7章 大型锻铸件的

热处理	252
7.1 大型锻件的锻后热处理	252
7.1.1 大锻件中的白点与氢脆	252
7.1.2 大锻件的扩氢计算	253
7.1.3 大锻件的晶粒细化问题	255
7.1.4 锻后热处理工艺制订原则 与工艺参数	255
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	256
7.2 大型锻件的最终热处理	261
7.2.1 大锻件淬火、正火时的 加热	261
7.2.2 大锻件淬火、正火时的 冷却	264
7.2.3 大锻件的回火	270
7.2.4 大锻件最终热处理工艺 举例	277
7.2.5 大锻件热处理后的力学 性能	277
7.3 大锻件的化学热处理	283
7.3.1 大型重载齿轮的深层渗碳	283
7.3.2 大锻件的渗氮处理	284
7.4 热轧工作辊的热处理	284
7.4.1 热轧工作辊的种类、材质 及技术要求	284
7.4.2 锻后热处理	285
7.4.3 调质	285
7.5 冷轧工作辊的热处理	286

7.5.1 冷轧工作辊的种类和 技术要求	286
7.5.2 冷轧工作辊用钢	286
7.5.3 冷轧工作辊制造工艺路线	287
7.5.4 锻后热处理	287
7.5.5 调质	287
7.5.6 淬火与回火	288
7.6 支承辊的热处理	294
7.6.1 支承辊的种类和技术要求	294
7.6.2 支承辊用钢	294
7.6.3 锻后热处理	295
7.6.4 预备热处理	295
7.6.5 最终热处理	295
7.7 大锻件的其他热处理 工艺	297
7.7.1 锻件切削加工后的去 应力退火	297
7.7.2 锻件矫直加热与回火 工艺	297
7.7.3 电渣焊焊接件的热处理 工艺	298
7.8 大型铸件的热处理	298
7.8.1 大型铸钢件热处理的 种类与目的	299
7.8.2 典型工艺	299
参考文献	300

第8章 工具的热处理

8.1 工具的工作条件及失效 特征	301
8.1.1 工具的工作条件	301
8.1.2 工具的失效特征	301
8.2 工具用钢	302
8.2.1 工具用钢的选择	302
8.2.2 工具用钢的质量要求	304
8.3 工具钢的热处理工艺	304
8.3.1 普通工具钢的热处理 工艺	304
8.3.2 高速钢的热处理	309
8.4 工具热处理后的金相 组织	320
8.4.1 普通工具钢热处理后的	

金相组织	320	9.4.2 塑料模具的主要失效形式	365
8.4.2 高速钢热处理后的金相组织	324	9.4.3 塑料模具材料的选用	366
8.5 典型工具的热处理	328	9.4.4 塑料模具的热处理工艺	366
8.5.1 锉刀的热处理	328	9.5 提高模具性能和寿命的途径	371
8.5.2 手用锯条的热处理	328	9.5.1 高强韧模具材料的应用及效果	371
8.5.3 手用丝锥的热处理	329	9.5.2 模具的强韧化处理工艺及应用实例	373
8.5.4 圆板牙的热处理	329	9.5.3 模具表面强化技术及应用实例	375
8.5.5 手用铰刀的热处理	330	9.6 模具热处理的缺陷分析及防止措施	380
8.5.6 搓丝板的热处理	330	9.6.1 模具热处理的畸变方式及控制	380
8.5.7 滚丝轮的热处理	332	9.6.2 模具热处理常见缺陷分析及防止措施	385
8.5.8 车刀的热处理	332	参考文献	386
8.5.9 拉刀的热处理	333	第 10 章 量具热处理	388
8.5.10 齿轮刀具的热处理	335	10.1 量具用钢	388
8.5.11 小型高速钢刀具的热处理	336	10.1.1 对量具用钢的要求	388
8.5.12 高速钢对焊刀具的热处理	337	10.1.2 量具常用钢种及质量要求	388
8.5.13 常用五金和木工工具的热处理	339	10.2 量具热处理工艺	390
参考文献	341	10.2.1 量具制造工艺路线简介	390
第 9 章 模具的热处理	342	10.2.2 预备热处理（或第一次热处理）	390
9.1 模具材料的分类及性能要求	342	10.2.3 最终热处理（或第二次热处理）	391
9.1.1 模具材料的分类	342	10.2.4 量具热处理的技术要求	393
9.1.2 模具材料的性能要求	344	10.2.5 量块及高尺寸稳定性量规的热处理特点	393
9.2 冷作模具的热处理	345	10.2.6 热处理后机械加工（磨削）对量具的影响	395
9.2.1 冷作模具的工作条件和要求	345	10.3 典型量具热处理	396
9.2.2 冷作模具的主要失效形式	345	10.3.1 百分表零件的热处理	396
9.2.3 冷作模具钢的选用	345	10.3.2 游标卡尺零件的热处理	396
9.2.4 冷作模具的热处理工艺	347	10.3.3 千分尺零件的热处理	398
9.3 热作模具的热处理	354	10.3.4 螺纹环规和塞规的热处理	398
9.3.1 热作模具的工作条件和要求	354	10.3.5 卡规的热处理	398
9.3.2 热作模具的主要失效形式	355		
9.3.3 热作模具材料的选用	355		
9.3.4 热作模具的热处理工艺	356		
9.4 塑料模具的热处理	365		
9.4.1 塑料模具的工作条件和分类	365		

参考文献	400	及预防补救措施	431
第 11 章 汽车、拖拉机及柴油		11.6 挺杆的热处理	432
油机零件的热处理	401	11.6.1 挺杆的服役条件和失效	
11.1 活塞环的热处理	401	方式	432
11.1.1 活塞环的服役条件和		11.6.2 挺杆的材料	432
失效方式	401	11.6.3 挺杆的热处理工艺	431
11.1.2 活塞环的材料	401	11.6.4 挺杆的质量检验	438
11.1.3 活塞环的热处理工艺	404	11.6.5 挺杆的常见热处理缺陷	
11.1.4 活塞环的表面处理	405	及预防补救措施	438
11.1.5 活塞环的质量检验	406	11.7 排气阀的热处理	439
11.2 活塞销的热处理	408	11.7.1 排气阀的服役条件和失效	
11.2.1 活塞销的服役条件和		方式	439
失效方式	408	11.7.2 排气阀的材料	440
11.2.2 活塞销材料	408	11.7.3 排气阀的热处理工艺	443
11.2.3 活塞销的热处理工艺	409	11.7.4 排气阀的质量检验	447
11.2.4 活塞销的质量检验	411	11.7.5 排气阀的常见热处理缺陷	
11.2.5 活塞销的常见热处理缺陷		及预防补救措施	447
及预防补救措施	412	11.8 半轴的热处理	448
11.3 连杆的热处理	412	11.8.1 半轴的服役条件和	
11.3.1 连杆的服役条件和失效		失效方式	448
方式	412	11.8.2 半轴材料	448
11.3.2 连杆材料	412	11.8.3 半轴的热处理工艺	449
11.3.3 连杆的热处理工艺	414	11.8.4 半轴的质量检验	454
11.3.4 连杆的质量检验	416	11.8.5 半轴的常见热处理缺陷	
11.3.5 连杆的常见热处理缺陷		及预防补救措施	454
及预防补救措施	418	11.9 喷油泵柱塞偶件和喷油嘴	
11.4 曲轴的热处理	419	偶件的热处理	455
11.4.1 曲轴的服役条件和失效		11.9.1 喷油泵和喷油嘴偶件的	
方式	419	服役条件和失效方式	455
11.4.2 曲轴材料	419	11.9.2 喷油泵和喷油嘴材料	455
11.4.3 曲轴的热处理工艺	419	11.9.3 喷油泵和喷油嘴偶件	
11.4.4 曲轴的质量检验	426	的热处理工艺	456
11.4.5 曲轴的常见热处理缺陷		11.10 履带板的热处理	461
及预防补救措施	426	11.10.1 履带板的服役条件	
11.5 凸轮轴的热处理	427	和失效方式	461
11.5.1 凸轮轴的服役条件和失效		11.10.2 履带板材料	461
方式	427	11.10.3 履带板的热处理工艺	462
11.5.2 凸轮轴材料	427	11.10.4 履带板的质量检验	463
11.5.3 凸轮轴的热处理工艺	429	参考文献	463
11.5.4 凸轮轴的质量检验	431	第 12 章 金属切削机床零件	
11.5.5 凸轮轴的常见热处理缺陷		的热处理	464
		12.1 机床导轨的热处理	464

12.1.1	导轨服役条件及失效形式	464
12.1.2	导轨材料	464
12.1.3	铸铁导轨的感应淬火	465
12.1.4	铸铁导轨的火焰淬火	469
12.1.5	铸铁导轨的接触电阻加热淬火	469
12.1.6	镶钢导轨热处理	470
12.1.7	机床导轨用材和热处理的进展	472
12.2	机床主轴的热处理	473
12.2.1	主轴服役条件及失效形式	473
12.2.2	主轴材料	473
12.2.3	主轴的热处理工艺	474
12.2.4	机床主轴用材及热处理的进展	478
12.3	机床丝杠的热处理	478
12.3.1	丝杠服役条件及失效形式	478
12.3.2	丝杠材料	478
12.3.3	梯形螺纹丝杠热处理	480
12.3.4	滚珠丝杠热处理	483
12.3.5	丝杠特殊热处理工艺	483
12.3.6	机床丝杠和热处理的进展	486
12.4	机床基础件的去应力处理	486
12.4.1	机床基础件服役条件及失效形式	486
12.4.2	热时效	486
12.4.3	振动时效	488
12.4.4	天然时效	491
12.5	机床其他零件的热处理	491
12.5.1	机床附件的热处理	491
12.5.2	机床离合器零件的热处理	492
12.5.3	弹簧卡头的热处理	495
12.5.4	蜗杆的热处理	498
12.5.5	花键轴的热处理	498
	参考文献	498

第 13 章 气动工具及钻探机械零件的热处理

13.1	凿岩机活塞的热处理	499
13.1.1	工作条件及失效形式	499
13.1.2	凿岩机活塞的材料	499
13.1.3	20CrMnMo 钢活塞的热处理	500
13.1.4	35CrMoV 钢活塞的热处理	502
13.1.5	钒钢活塞的热处理	502
13.2	凿岩机主要渗碳件的热处理	505
13.2.1	工作条件及失效形式	505
13.2.2	技术条件和使用材料	506
13.2.3	制造工艺路线	507
13.2.4	热处理工艺	507
13.2.5	渗碳件热处理的质量检验	507
13.2.6	热处理常见缺陷及防止方法	507
13.3	凿岩用钎头	510
13.3.1	工作条件及失效形式	510
13.3.2	技术条件和使用材料	510
13.3.3	制造工艺路线	510
13.3.4	热处理工艺	510
13.4	凿岩机钎尾及成品钎杆的热处理	511
13.4.1	工作条件及失效形式	511
13.4.2	技术条件和使用材料	511
13.4.3	制造工艺路线	513
13.4.4	热处理工艺	513
13.4.5	技术要求和质量检验	513
13.5	其他气动工具零件的热处理	514
13.6	牙轮钻机三牙轮钻头	516
13.6.1	工作条件及失效形式	516
13.6.2	技术条件和使用材料	516
13.6.3	制造工艺路线	517
13.6.4	热处理工艺	517
13.6.5	质量检验	518
13.7	钻探机械钻具的热处理	519

13.7.1	工作条件及损坏形式	519
13.7.2	技术条件和使用材料	519
13.7.3	钻具的制造工艺路线	520
13.7.4	钻具的热处理	520
13.7.5	钻具热处理的质量检验	522
13.7.6	钻具热处理常见 缺陷及防止方法	522
	参考文献	523

第 14 章 农机具零件的

热处理

14.1	农机具零件的服役条件、 失效方式与性能要求	524
14.1.1	农机零件的磨损失效	524
14.1.2	农机耐磨零件的力学 性能要求	527
14.1.3	农机耐磨零件的组织 要求	530
14.1.4	农机具零件的特殊性能 要求	532
14.2	耕作机械典型零件的 热处理	535
14.2.1	犁铧的热处理	535
14.2.2	犁壁的热处理	538
14.2.3	圆盘的热处理	539
14.2.4	锄铲的热处理	541
14.2.5	旋耕刀的热处理	543
14.3	收获与采集机械典型刀片 的热处理	544
14.3.1	剪毛机刀片的热处理	544
14.3.2	往复式收割机刀片的 热处理	546
14.3.3	秸秆还田机刀片的 热处理	548
14.3.4	铡草和青饲料切碎 刀片的热处理	550
14.4	农产品加工机械典型 零件的热处理	551
14.4.1	脱粒机弓齿、钉齿与切 草刀的热处理	551
14.4.2	粉碎机锤片的热处理	553
14.4.3	筛片的热处理	555

14.4.4	颗粒饲料压粒机环模与 压辊的热处理	556
14.4.5	轧棉花机、剥绒机锯片和 肋条的热处理	558
14.4.6	榨油机的榨螺的热处理	560
14.5	小农具材料及其热处理	561
	参考文献	562

第 15 章 发电设备零件

的热处理

15.1	汽轮机转子和发电机转子 的热处理	564
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	564
15.1.2	转子用钢	565
15.1.3	转子锻件的热处理	571
15.1.4	常见大型转子锻件热处理 缺陷及预防措施	575
15.2	汽轮发电机无磁性护环 的热处理	575
15.2.1	护环的服役条件及失效 方式	575
15.2.2	护环用钢	575
15.2.3	护环锻件的热处理	576
15.2.4	常见护环锻件热处理缺陷 及预防措施	577
15.3	汽轮机叶轮的热处理	577
15.3.1	叶轮的服役条件及 失效方式	577
15.3.2	叶轮用钢	577
15.3.3	汽轮机叶轮锻件的 热处理	578
15.3.4	常见叶轮锻件热处理缺陷 及预防措施	580
15.4	汽轮机叶片的热处理	580
15.4.1	叶片的服役条件及 失效方式	580
15.4.2	叶片用钢	581
15.4.3	叶片毛坯的热处理	587
15.4.4	叶片的特种热处理	589
15.5	汽轮机螺栓的热处理	589

15.5.1 汽轮机螺栓的服役条件 及失效方式	589	参考文献	632
15.5.2 汽轮机螺栓用钢	590	第 17 章 液压元件的零件 热处理	634
15.5.3 螺栓毛坯的热处理	591	17.1 概述	634
15.5.4 常见螺栓热处理缺陷 及预防措施	592	17.2 齿轮泵零件的热处理	634
15.6 锅炉构件及输汽管 的热处理	593	17.2.1 齿轮的热处理	634
15.6.1 锅炉用钢管及钢板的服 役条件和零件失效方式	593	17.2.2 齿轮泵轴的热处理	634
15.6.2 锅炉钢管及钢板用钢	593	17.2.3 泵体的热处理	634
15.6.3 锅炉构件的热处理	596	17.3 叶片泵零件的热处理	637
参考文献	598	17.3.1 转子的热处理	637
第 16 章 石油化工机械 零件的热处理	600	17.3.2 定子的热处理	637
16.1 泥浆泵零件的热处理	600	17.3.3 叶片泵轴的热处理	640
16.1.1 液缸的热处理	600	17.3.4 叶片的热处理	640
16.1.2 缸套的热处理	601	17.3.5 配油盘的热处理	640
16.1.3 阀体与阀座的热处理	603	17.4 柱塞泵零件的热处理	640
16.1.4 活塞杆的热处理	604	17.5 液压阀零件的热处理	643
16.2 钻机绞车零件的热处理	605	17.5.1 滑阀的热处理	643
16.2.1 刹车鼓的热处理	605	17.5.2 阀座的热处理	643
16.2.2 石油钻机链条的热处理	607	17.5.3 提动阀和提动阀座的 热处理	643
16.3 钻探工具的热处理	609	17.6 液压元件的零件热处理 的质量检验	645
16.3.1 吊环的热处理	609	参考文献	645
16.3.2 吊夹的热处理	611	第 18 章 手表、自行车、缝纫 机和纺织机械零件的 热处理	646
16.3.3 钻杆接头的热处理	612	18.1 手表零件的热处理	646
16.3.4 抽油杆的热处理	613	18.1.1 手表零件用材与热处理 工艺	646
16.3.5 公母锥的热处理	615	18.1.2 手表零件的典型热处理 工艺	649
16.3.6 抽油泵泵筒的热处理	616	18.1.3 手表零件热处理质量 检验要求	652
16.3.7 石油钻头的热处理	617	18.1.4 手表零件热处理缺陷 及预防措施	652
16.4 钻机齿轮的热处理	619	18.2 自行车零件的热处理	655
16.4.1 石油钻机螺旋锥齿轮 的热处理	619	18.2.1 自行车零件的热处理 工艺	657
16.4.2 转盘齿轮的热处理	621	18.2.2 自行车零件热处理 质量检验	661
16.5 化工机械零件的热处理	622		
16.5.1 压力容器的热处理	622		
16.5.2 典型容器的热处理	627		
16.5.3 压缩机阀片的热处理	629		
16.5.4 低温压缩机壳体的 热处理	630		

18.2.3 自行车零件热处理常见 缺陷及防止措施	662	补救措施	686
18.3 缝纫机零件的热处理	662	19.5 涡轮叶片的热处理	686
18.3.1 家用缝纫机零件的 热处理	663	19.5.1 服役条件及性能要求	686
18.3.2 工业缝纫机零件的 热处理	668	19.5.2 使用材料及零件技术 要求	686
18.4 纺织机械零件的热处理	672	19.5.3 工艺路线	687
18.4.1 工作条件及材料选择	673	19.5.4 热处理工艺	687
18.4.2 热处理工艺	677	19.5.5 常见热处理缺陷及预防 补救措施	688
18.4.3 热处理质量检验与控制	680	19.6 涡轮盘的热处理	689
18.4.4 常见热处理缺陷及 防止方法	680	19.6.1 服役条件和性能要求	689
参考文献	681	19.6.2 使用材料及零件技术 要求	689
第 19 章 飞机零件的热处理	682	19.6.3 工艺路线	690
19.1 飞机零件材料和热处理 特点	682	19.6.4 热处理工艺	690
19.2 飞机起落架外筒的 热处理	682	19.6.5 常见热处理缺陷及预防 补救措施	691
19.2.1 服役条件及失效方式	682	19.7 涡轮轴的热处理	691
19.2.2 使用材料和零件技术 要求	683	19.7.1 服役条件和性能要求	691
19.2.3 工艺路线	683	19.7.2 使用材料和零件技术 要求	691
19.2.4 热处理工艺	683	19.7.3 工艺路线	691
19.2.5 常见热处理缺陷及 预防措施	683	19.7.4 热处理工艺	692
19.3 飞机蒙皮的热处理	684	19.7.5 常见热处理缺陷及预防 补救措施	692
19.3.1 服役条件和性能要求	684	19.8 燃烧室的热处理	692
19.3.2 使用材料和零件技术 要求	684	19.8.1 服役条件和性能要求	692
19.3.3 工艺路线	684	19.8.2 使用材料和零件技术 要求	693
19.3.4 热处理工艺	684	19.8.3 工艺路线	693
19.3.5 常见热处理缺陷及预防 补救措施	684	19.8.4 热处理工艺	693
19.4 压气机叶片的热处理	684	19.8.5 常见热处理缺陷及预防 补救措施	693
19.4.1 服役条件和性能要求	684	19.9 航空齿轮的热处理	694
19.4.2 使用材料及零件技术 要求	685	19.9.1 服役条件和性能要求	694
19.4.3 工艺路线	685	19.9.2 常用材料和零件技术 要求	694
19.4.4 热处理工艺	685	19.9.3 工艺路线	695
19.4.5 常见热处理缺陷及预防		19.9.4 热处理工艺	695
		19.9.5 常见热处理缺陷及预防 补救措施	696
		参考文献	696

第 1 章 零件热处理工艺制订原则与程序

中国南方航空动力机械公司 苏怡兴

热处理工艺是指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工艺工作中最主要、最基本的工作内容，确切地说工艺规程的编制属于工程设计的范畴。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，设计编制出完善、合理的热处理工艺。

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，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，能以少的投入获得最佳的热处理质量。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
1	采用新工艺、新技术	充分采用新的工艺方法及新的热处理技术，可提高或稳定零件热处理质量

(续)

序号	要素	内 容
2	热处理设备的更新改造	更新或改造现有热处理设备，确保零件处理质量均匀性和稳定性 提高生产效率，具备特殊工艺功能和连续生产监控功能
3	采用新型工艺材料	提高工艺质量，降低工艺成本，采用新型淬火介质及防氧化、防渗涂料等工艺材料

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，实现工艺流程短，工人易掌握，操作简单，产品质量优并稳定。工艺合理应考虑的内容见表 1-2。

表 1-2 热处理工艺的合理性

序号	要素	内 容
1	工艺安排的合理性	在零件制造流程中，热处理工序应安排恰当位置，确保零件各处质量一致。避免后续加工难度，减少制造复杂性，防止增加不必要的辅助工序
2	热处理要求的合理性	零件的选材应与零件热处理要求相匹配。零件的几何形状以及尺寸要求应与热处理特性相匹配
3	工艺方法及工艺参数合理性	工艺方法应简单，易于操作。工艺参数应依据标准，调整的参数应以试验数据为依据
4	热处理前零件的形状和尺寸的合理性	零件的各截面尺寸差不应过大，避免尖边、锐角，防止处理过程中因应力集中导致开裂
5	热处理前零件状态的合理性	锻、铸件应经正火、退火消除应力。焊接件不宜选择盐浴加热 切削量大的机加件，应消除加工应力

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、管理水平制订的热处理工艺才能保证在生产中正常运行。可行性的要素见表1-3。

表 1-3 热处理工艺可行性

序号	要素	内 容
1	企业热处理现状	人员结构及素质、热处理设施配备程度、设备精度及工艺能力
2	操作人员专业技术水平	操作者文化程度及专业技术水平及对热处理工艺操作的熟练程度
3	工艺技术的合法性	新工艺、新技术、新材料的应用应在试验的基础上经过评审或鉴定认可,方能投入应用

1.1.4 工艺的经济性

工艺应充分利用企业现有条件,力求流程简单操作方便,以最少的消耗获取最佳的工艺效果。经济性包括的内容见表1-4。

表 1-4 工艺的经济性

序号	要素	内 容
1	能源利用	工艺应合理利用能源,采用节能的加热设备,利用水溶性淬火介质
2	设备工装的使用	充分利用设备加热能力,组织生产。采用装炉工装,合理利用加热空间,对大批量生产的企业,尽量采用机械化和自动化生产 工夹具尽量采用通用型
3	工艺方法应简便	工艺流程应简单,便于操作 充分利用各类加热设备的特点,满足不同零件的加热要求
4	利用现有设备,设计辅助工装	如在箱式电炉中设计移动渗氮箱,满足零件渗氮要求。设计气氛保护箱,减少零件加热氧化

1.1.5 工艺的可检查性

现代质量管理要求,热处理属特种工艺范畴,工艺过程的主要工艺参数必须具备追索性,对产品处理质量追索查找,因此工艺应具备可检查性,可检查性内容见表1-5。

表 1-5 工艺的可检查性

序号	要素	内 容
1	工艺参数的追索	热处理使用的加热炉,应配备时间、温度记录仪表,记录加热、保温温度及时间等 设有操作记录表格,记录处理产品的批次、数量、炉次等项的内容数据
2	检验结论的追索	产品处理完的检验结果,包括力学性能、硬度、尺寸等的检验记录
3	工艺参数选用的可检查性	工艺编制中参数的选用必须依据相关的技术标准、材料标准及技术条件或经过试验鉴定后的工艺参数

1.1.6 工艺的安全性

工艺要有充分的安全可靠性,遵守安全规则,不成熟的工艺要经试验验证鉴定后方可编入工艺,安全性内容见表1-6。

表 1-6 工艺的安全性

序号	要素	内 容
1	工艺本身的安全性	工艺要充分安全可靠,对特殊形状零件(如内腔工件)要有安全措施。保护气氛(如氢气等)的采用要有防范措施
2	控制有毒作业	尽量不采用有毒作业,如采用气体碳氮共渗代替液体碳氮共渗。对已采用的有毒作业,应有可靠的防护措施
3	环境保护	对工艺过程的废气、废液的排放要有检测,达到排放标准后方可排放,保护环境

1.1.7 工艺的标准化

标准化工作是企业的基础,标准化工作在热处理中也是必不可少的,是工艺质量的保证。标准化内容见表1-7。

表 1-7 工艺的标准化

序号	要素	内 容
1	文件的标准化	书写格式、术语的应用、基础标准的引用及法定计量单位等必须按有关标准执行
2	制订工艺参数标准化	给出的工艺参数(温度、时间等)应按相关的标准或计算;检测应依据相关标准
3	文件配套一致性	配套及相关文件中的同一概念所用术语应一致。企业标准及工艺管理制度要走向法制化