

热处理实用技术丛书

结构钢及其 热处理

JIEGOU GANGJI QIRECHULI

董世柱 徐维良 主编



辽宁科学技术出版社

热处理实用技术丛书

结构钢及其热处理

董世柱 徐维良 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

结构钢及其热处理/董世柱, 徐维良主编. — 沈阳:
辽宁科学技术出版社, 2009. 3

(热处理实用技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5381 - 5430 - 6

I. 结… II. ①董…②徐… III. 结构钢 - 热处理
IV. TG161

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 008708 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm × 200mm

印 张: 16.125

字 数: 400 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2009 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 周 文

书 号: ISBN 978 - 7 - 5381 - 5430 - 6

定 价: 32.00 元

编辑部电话: 024 - 23284372

邮购热线: 024 - 23284502 23284357

E - mail: elecom@mail.lnpgc.com.cn

http: //www.lnkj.com.cn

《热处理实用技术丛书》 编写说明

随着我国装备制造业的快速发展,材料热处理领域的新技术不断涌现,企业对产品质量的要求越来越高,控制手段日趋智能化,广大工人和工程技术人员掌握技术、丰富科技知识的愿望越来越强烈。辽宁省机械工程学会热处理分会适时组织力量,策划编写了《热处理实用技术丛书》。

本丛书共七本,即《钢的化学热处理》、《结构钢及其热处理》、《工具钢及其热处理》、《不锈钢及其热处理》、《真空热处理》、《淬火冷却技术及淬火介质》、《燃料热处理炉》。

本丛书的指导思想是:先进技术与一般技术相结合,理论与实践相结合,使其具备教科书和手册的双重功能,既适用于广大工人、工程技术人员,又可作为高校师生的参考书。丛书汇集了近年来我国在材料热处理领域研究的新技术、新成果,突出了“新”字,同时又例举了大量成熟的生产工艺,工艺数据较多,强化了“用”字。

《钢的化学热处理》一书内容丰富,涵盖了常规化学热处理的工艺,突出了质量检验、废品分析和测试技术。

《结构钢及其热处理》一书含有较多的基础理论,介绍了生产中常用的各种结构钢的热处理工艺。

《工具钢及其热处理》一书详细介绍了刃具钢、模具钢、量具钢、耐冲击工具钢、轧辊用钢的常用钢种及其热处理工艺,其中,塑料模具钢和热作模具钢等新钢种介绍得较多。应用实例、质量检验及废品分析占有较大的比例。

《不锈钢及其热处理》一书以作者多年的试验研究和热处理

实践为基础，介绍了不锈钢的热处理理论、热处理工艺、热处理中应注意的问题及相关的知识，是以作者的经验和成果为体系编写的，具有较强的实用性。

《真空热处理》一书介绍了真空基础知识、真空加热特点、各种真空热处理工艺及典型零件的真空热处理实例，并简要介绍了各种真空热处理炉。

《淬火冷却技术及淬火介质》一书介绍了各种淬火介质，特别是聚合物淬火介质和淬火油；介绍了磁场淬火、超声波淬火、强烈淬火、控制淬火等新淬火技术；介绍了淬火槽的自动控制和智能化控制系统；介绍了淬火冷却过程中的数值模拟技术。本书内容较新，是作者几十年从事淬火冷却介质和淬火槽冷却系统研究、生产的结晶。

《燃料热处理炉》一书介绍了传热学、流体力学和燃料学的基础知识，介绍了各种类型的燃料热处理炉以及节能、环保等方面的知识，是作者几十年教学和社会实践的总结。

丛书编写的具体工作由唐殿福秘书长负责。

丛书在编写过程中得到了中国热处理学会、辽宁省机械工程学会以及国内一些知名专家、教授和企业的大力支持，在此表示衷心的感谢。

限于作者的知识水平和经历，书中的错误和不当之处在所难免，真诚地欢迎读者批评指正。

《热处理实用技术丛书》 编委会

主 任 戚正风
副主任 李 友 张立文 唐殿福
委 员 徐维良 石家国 于程歆 田绍洁
郭晓光 张文华 吴建国 刘世永
包 耳 汤洪智 董世柱

《钢的化学热处理》	主编	唐殿福	卯石刚
	副主编		张焕敏
《真空热处理》	主编	包耳	田绍洁
《燃料热处理炉》	主编	吴建国	张卫军
《结构钢及其热处理》	主编	董世柱	徐维良
	副主编		蔡淑芳
《工具钢及其热处理》	主编	姚艳书	唐殿福
	副主编		郭冰峰
《不锈钢及其热处理》	主编	张文华	
《淬火冷却技术及淬火介质》	主编	于程歆	刘林
	副主编	于旻	李萍

前 言

现代机械制造业是现代工业的基础，它的发展在很大程度上取决于工艺的进步。热处理工艺作为机械制造工艺全过程中的重要环节之一，对于提高产品质量、延长其使用寿命、降低生产成本起着非常重要的作用。金属热处理是发挥材料潜力、改善材料性能、保证提高机械产品使用寿命的重要加工手段。另外，热处理工艺技术的提高，还有降低能耗和物耗、减轻工人的劳动强度、减少污染、改善环境质量的作用。

随着机械制造业的技术升级，新技术、新工艺、新材料的广泛应用并迅速转化为优质产品，需要大批高智能型技术工人的有效劳动。这就迫切要求企业的热处理技术人员全面了解和掌握材料热处理方面的基础知识，并能自觉地、完整地、独立地执行好热处理工艺的各个环节，确保优质、高效、文明的热处理生产，这样，才能最后将产品质量保证落到实处。

本书以具有高中文化水平，并具备金属材料热处理基本知识的人员为对象。适用于热处理车间现场工人及工艺技术人员，可以帮助广大热处理技术人员巩固专业基础知识，解决日常生产中遇到的一些技术难点。

考虑到热处理工艺操作者在生产实际中所能遇到的问题，本书的出发点是从热处理的基本理论知识入手，突出先进性和实用性，较为全面系统地介绍了结构钢在热处理生产过程中的各种实用技术，以及在热处理工艺操作过程中容易忽视的一些问题，进而提出需注意的事项，以便指导生产，保证热处理的产品质量。

全书共分10章，以金属学、热处理的基本知识为先导，用通

通俗易懂的语言，较全面地介绍了结构钢在热处理生产中的正火、退火、淬火、回火及渗碳、渗氮等各种常用工艺，以及执行热处理工艺过程中的操作方法、常见缺陷及对策，并结合具体的工艺及技术，以典型零件的热处理工艺为实例，对热处理生产中各环节可能遇到的各种问题加以探讨。

全书由董世柱、徐维良主编，参编人员有郭晓光、任传富、张波、姚正辉、王凤因、王希多、黄永学、冯德勇等同志。

由于编者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，诚请同行和广大读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 结构钢	1
第一节 结构钢的分类	2
一、钢的分类	2
二、结构钢的分类	4
第二节 结构钢牌号的表示方法	8
一、钢铁产品牌号表示方法 (GB/T 221—2000)	8
二、碳素结构钢和低合金结构钢的牌号表示	10
三、优质碳素结构钢的牌号表示	11
四、易切削钢的牌号表示	11
五、合金结构钢的牌号表示	12
六、非调质机械结构钢的牌号表示	13
七、轴承钢的牌号表示	13
八、焊接用钢的牌号表示	14
第三节 工程用结构钢的牌号、化学成分、力学性能 及应用	14
一、普通碳素结构钢 (GB/T 700—1988)	14
二、低合金高强度结构钢 (GB/T 1591—1994)	17
三、高耐候结构钢 (GB/T 4171—2000)	25
四、易切削结构钢 (GB/T 8731—1988)	30
五、冷镦和冷挤压用钢 (GB/T 6478—2001)	33
第二章 基础知识	43
第一节 金属的晶体结构	43

一、金属与合金	43
二、晶体结构的基础知识	44
三、实际金属中的晶体缺陷	50
四、合金中的相	52
第二节 金属材料的性能	55
一、金属材料的力学性能	55
二、金属材料的物理性能	60
三、金属材料的化学性能	64
四、金属材料的工艺性能	65
第三节 Fe-Fe₃C 相图	74
一、Fe-Fe ₃ C 相图	74
二、Fe-Fe ₃ C 相图中基本组织的特性、力学性能	77
第四节 合金元素在钢中的主要作用	80
一、合金元素在钢中的分布	81
二、合金元素对 Fe-Fe ₃ C 相图的影响	83
三、合金元素与碳的相互作用	84
四、合金元素对钢加热转变的影响	87
五、合金元素对奥氏体冷却转变的影响	90
六、合金元素对淬火钢回火转变的影响	92
七、合金元素对钢的强韧性的影响	94
八、合金元素对钢的组织与性能的影响	99
九、常用合金元素在钢中的作用	105
第三章 钢的热处理原理与工艺	116
第一节 概述	116
第二节 钢的加热和冷却转变	117
一、钢在加热时的转变	117
二、过冷奥氏体转变	121
三、淬火钢的回火转变	125
四、时效	127

第三节 钢的热处理基本方法	129
一、钢退火与正火	129
二、钢的淬火	135
三、钢的回火	145
第四节 热处理常见缺陷及对策	147
一、加热缺陷及对策	147
二、淬火缺陷及对策	149
三、回火缺陷及对策	154
四、退火和正火常见缺陷及其对策	155
第五节 热处理专业现行标准及热处理术语	157
一、热处理专业现行标准目录	157
二、金属热处理工艺术语	159
三、化学热处理术语	165
四、金属组织术语	169
五、热处理缺陷术语	173
第四章 渗碳钢及其热处理	175
第一节 常用渗碳钢	175
一、渗碳钢的化学成分特点	175
二、常用渗碳钢的分类	177
三、常用渗碳钢的牌号、标准、主要性能和用途	178
四、选用渗碳钢的基本原则	178
第二节 钢的渗碳工艺	184
一、渗碳工艺过程、特点和应用范围	184
二、气体渗碳	187
三、固体渗碳	194
四、真空渗碳	198
五、渗碳操作要点	204
六、操作注意事项	208
七、气体渗碳的安全预防	208

第三节 气体渗碳碳势控制	209
一、概述	209
二、氧探头传感器	211
三、钢材合金元素对气氛碳势的影响	217
第四节 渗碳层的组织、性能	218
一、碳在钢中的扩散	218
二、渗碳层的组织特点及性能	219
三、渗碳层的技术要求	220
四、渗碳层的性能	222
五、渗碳件的性能	222
第五节 渗碳件质量检查、常见缺陷及防止措施	223
第六节 常用渗碳钢的热处理	227
一、渗碳前的预处理	227
二、渗碳后的热处理	227
第七节 典型热处理工艺实例	232
一、汽车后桥主动锥齿轮渗碳、淬火	232
二、摆线轮热处理工艺	233
三、支架的渗碳及热处理	235
四、大齿轮固体渗碳淬火工艺	238
第五章 渗氮钢及其热处理	241
第一节 常用渗氮钢	242
第二节 钢的渗氮工艺	246
一、渗氮的基本过程	246
二、渗氮温度	247
三、渗氮时间	247
四、氨分解率	248
五、化学催渗	250
六、渗氮工艺方法、目的和应用	251
第三节 渗氮钢预先热处理	263

第四节 渗氮层的相组成物与性能	265
一、渗氮层相组成物的基本特性	265
二、渗氮层的性能	267
第五节 渗氮件的质量检查、常见缺陷及防止措施	269
一、渗氮件的质量检查	269
二、常见缺陷及防止措施	272
三、缩短渗氮周期的方法	275
第六节 典型渗氮工艺	278
一、车床变速箱带拨叉齿轮的氮化处理	278
二、车铣床主轴箱Ⅲ轴及轴上小齿轮的热处理工艺	281
三、齿轮的离子氮化工艺	283
四、中间大齿轮离子氮化工艺	283
五、精密磨床主轴热处理	284
第六章 调质钢及其热处理	286
第一节 常用调质钢	286
一、调质零件对力学性能与淬透性的要求	286
二、调质钢的化学成分	288
三、调质钢的特性和用途	291
第二节 调质钢的热处理	297
一、调质钢预先热处理	297
二、调质热处理工艺	297
三、大型工件的调质淬火	306
第三节 操作注意事项及质量检验	308
一、操作注意事项	308
二、质量检验	309
第四节 典型工艺实例	310
一、汽车后桥半轴的热处理工艺	310
二、连杆螺栓的热处理工艺	312
三、C616 车床主轴的热处理	313

四、车床大刀架左右刀板的热处理工艺	315
五、齿轮轴的调质工艺	316
六、曲轴的调质工艺	317
第七章 弹簧钢及其热处理	319
第一节 常用弹簧钢	320
一、弹簧钢的化学成分	321
二、弹簧钢的性能特点和应用	323
第二节 弹簧钢的热处理	325
一、弹簧钢的退火	326
二、弹簧钢的正火	327
三、弹簧钢的淬火	328
四、弹簧的回火	330
五、弹簧的马氏体分级淬火和贝氏体等温淬火	334
六、热成形弹簧的热处理工艺	335
七、冷成形弹簧的热处理工艺	336
八、冷拔弹簧钢丝的热处理	336
九、耐热弹簧钢的热处理	337
十、操作注意事项	339
第三节 提高弹簧件质量的措施	339
一、喷丸处理	339
二、松弛处理	340
三、形变热处理	340
四、低温碳氮共渗	341
第四节 弹簧件的质量检验、热处理缺陷及对策	342
一、质量检验	342
二、弹簧件的热处理缺陷及对策	343
第五节 典型工件的热处理	344
一、压缩螺旋弹簧的热处理	344
二、弹簧夹头的热处理	345

第八章 滚动轴承钢及其热处理	348
第一节 常用滚动轴承钢	349
一、滚动轴承的工作条件及对性能的要求	349
二、轴承钢的化学成分	349
三、轴承钢的冶金质量	352
四、轴承钢的碳化物不均匀性	353
五、常用轴承钢的用途与特点	354
第二节 滚动轴承钢的热处理	357
一、滚动轴承钢的预先热处理	357
二、滚动轴承钢的最终热处理	363
三、渗碳轴承钢及其热处理	370
第三节 特殊用途轴承零件的热处理	374
一、耐腐蚀轴承零件的热处理	374
二、耐高温轴承零件的热处理	381
第四节 滚动轴承钢的热处理质量检验、缺陷及防止办法	383
一、滚动轴承钢的热处理质量检验	383
二、滚动轴承件的热处理缺陷及防止办法	384
第五节 典型零件的热处理	389
一、一般轴承套圈的热处理	389
二、一般钢球的热处理	390
三、一般滚子热处理	392
第九章 铸钢热处理	393
第一节 铸钢的牌号、成分、特性及用途	393
一、铸钢牌号的表示方法	393
二、一般工程用铸造碳钢的化学成分、力学性能和用途	394
三、低合金铸钢的特性及用途	396
四、耐热铸钢、不锈钢耐酸钢铸件的性能和用途	397

第二节 铸钢的热处理	402
一、铸钢件热处理的特点	402
二、铸钢件热处理的主要工艺要素	402
三、铸钢件热处理状态名称、代号和定义	404
四、一般工程用铸造碳钢及合金铸钢的热处理	405
五、不锈钢耐酸铸钢件的热处理制度及力学性能	421
第三节 具体铸钢件的热处理工艺	422
一、铰链梁的调质工艺	422
二、大齿轮调质工艺	422
三、右螺旋管粗加工后的调质工艺	422
四、左、右旋齿轮调质工艺	423
五、大齿轮粗加工后的调质工艺	424
六、刹车毂调质工艺	424
七、导向连杆粗加工后的调质工艺	425
第十章 大型锻件热处理	426
第一节 大型锻件的锻后热处理	427
一、锻件中的白点与氢脆	428
二、锻后热处理（第一热处理）	429
第二节 大型锻件的最终热处理（第二热处理）	433
一、大型锻件淬火、正火时的加热	434
二、大型锻件淬火、正火时的冷却	439
三、大型锻件的回火	442
第三节 大型锻件的其他热处理工艺	447
第四节 大型锻件热处理工艺举例	449
一、冷轧辊的热处理	449
二、热轧辊的热处理	464
三、大锻件热处理的典型工艺	464
第五节 重要电站锻件用钢及其热处理	469
一、概述	469

二、发电机转子和汽轮机低压转子的力学性能要求 及热处理·····	470
三、汽轮机高中压转子的材料及热处理·····	480
四、水轮机大轴及镜板的热处理·····	487
五、叶轮的热处理·····	488
参考文献·····	496