

简明 热处理工手册

JIANMING RECHULIGONG SHOUC

第3版

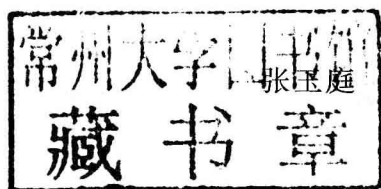
张玉庭 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

简明热处理工手册

第3版



编著



机械工业出版社

本手册结合国内外热处理技术的发展现状,在内容上对第2版进行了修订,真正体现了实用性、可靠性和先进性。本手册主要内容为:热处理工艺代号及名词术语;热处理基础知识;结构钢和零件的热处理;工具钢的热处理;特殊钢及合金的热处理;可控气氛热处理与真空热处理;钢在奥氏体状态下的化学热处理;钢在铁素体状态下的化学热处理;表面热处理;铸铁热处理;有色金属热处理;热处理设备及热工仪表;热处理安全与环保和节能;硬度检验。书末还附有热处理工常用的3种资料。

本手册适合于热处理工人使用,也可供工厂、科研单位有关技术人员和大中专院校、技工学校材料及热处理专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

简明热处理工手册/张玉庭编著. —3版. —北京:机械工业出版社, 2013.3

ISBN 978-7-111-41887-0

I. ①简… II. ①张… III. ①热处理 - 技术手册
IV. ①TG15 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 054212 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:侯宪国 责任编辑:侯宪国

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 6 月第 3 版第 1 次印刷

130mm × 184mm · 31.125 印张 · 920 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-41887-0

定价:68.00 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

网络服务

社服中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

《简明热处理工手册（第2版）》出版至今已有10多年的时间，由于它密切结合生产实际，可解决生产中遇到的技术、质量、设备故障等各种难题，故深受广大读者的欢迎。

近20年来，随着我国航天航空、轨道交通、船舶、汽车等行业的高速发展，国外各大企业纷纷带着产品进入我国，同时热处理技术也源源不断地被带入我国。这就迫切需要我国的热处理工人要有高超的热处理技艺和世界一流的操作水平，以满足尖端产品的热处理技术要求。因此，我们深感该手册急需推陈出新，与时俱进，于是我们对《简明热处理工手册（第2版）》进行了修订。

《简明热处理工手册（第3版）》与第2版相比，内容更加先进、实用，主要体现在：去除了滚动轴承英制钢球压碎负荷、机械变频机的使用和维修、锤击式布氏硬度试验方法等内容，增加了塑料模具钢的热处理、直生式气体渗碳、QPQ盐浴复合热处理部分，修改了热处理工艺代号和变形铝合金的牌号，重新编写了渗硼处理，铸铁热处理，以及布氏、洛氏、维氏三种硬度的检测方法，补充了热处理节能、减排和环保的内容；附录只保留了常用的内容，以便读者查询。

在本手册编写过程中，采用已颁布的最新国家标准、部颁标准及有关企业标准，并且在内容上尽量用表格形式表达，一目了然，便于查阅。

本手册保留了黄宇明同志编写的“微机在热处理中的应用”部分，其余部分由研究员级高级工程师张玉庭编著。此外，杨和芳等同志给予了大力帮助和支持，使本次修订工作能尽快完成，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，本手册中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正，以便再次修订时进行完善。

编者

目 录

前言

第一章 热处理工艺代号及名词术语	1
一、热处理工艺代号	1
二、热处理工艺名词术语	5
第二章 热处理基础知识	11
一、相图及组织	11
1. Fe-Fe ₃ C 相图	11
2. 共析碳钢过冷奥氏体等温转变图	12
二、钢的退火、正火	13
1. 退火	13
2. 正火	21
3. 退火、正火操作	21
4. 退火、正火常见缺陷与对策	23
5. 退火、正火件质量检验	24
三、淬火	27
1. 淬火工艺及操作	27
2. 淬火方法	31
3. 等温淬火	32
4. 清洗、中间防锈及喷砂、喷丸	33
5. 淬火变形和淬火裂纹	36
四、回火	46
1. 回火工艺	46
2. 回火脆性的产生与对策	48
3. 回火工艺操作	49
4. 钢件淬火、回火处理质量检验	50

五、深冷处理	52
六、淬火冷却介质	54
1. 水及无机物水溶液	54
2. 有机聚合物水溶液	56
3. 不发生物态变化的淬火冷却介质	59
4. 淬火油	63
第三章 结构钢和零件的热处理	68
一、调质钢和零件热处理	68
1. 调质钢热处理工艺参数	68
2. 淬火、回火变形量的控制	82
3. 典型零件的调质处理	85
4. 大型零件的调质处理	88
二、弹簧的热处理	94
1. 弹簧钢的热处理工艺	94
2. 弹簧的热处理质量检验	99
3. 弹簧的热处理缺陷与对策	100
4. 弹簧的热处理实例	101
三、滚动轴承的热处理	105
1. 滚动轴承钢的预备热处理	105
2. 滚动轴承钢的最终热处理	111
3. 滚动轴承钢的热处理质量检验	120
4. 轴承热处理缺陷及防止方法	130
四、铸钢的热处理	132
五、低碳马氏体用钢的热处理	135
六、冷镦用钢及低温用钢的热处理	138
第四章 工具钢的热处理	142
一、碳素工具钢的热处理	142
二、量具、刀具用钢的热处理	164
三、高速工具钢的热处理	168
四、模具钢的热处理	207

1. 冷作模具钢的热处理	207
2. 热作模具钢的热处理	235
3. 塑料模具钢的热处理	249
五、量具钢的热处理	251
第五章 特殊钢及合金的热处理	259
一、特殊钢的热处理	259
1. 不锈钢的热处理	259
2. 耐热钢及高温合金的热处理	265
3. 耐磨钢的热处理	274
二、精密合金的热处理	277
1. 软磁合金的热处理	277
2. 硬磁合金的热处理	282
3. 粉末冶金件的热处理	287
4. 钢结硬质合金的热处理	290
5. 弹性合金的热处理	290
6. 膨胀合金的热处理	290
第六章 可控气氛热处理与真空热处理	305
一、可控气氛热处理	305
1. 名词解释	305
2. 钢铁在炉气中的化学反应	306
3. 炉气的碳势控制	307
4. 可控气氛的种类和用途	311
5. 用空气制取氮基气氛	311
二、真空热处理	322
1. 真空退火	322
2. 真空淬火、回火	323
3. 真空渗碳	326
第七章 钢在奥氏体状态下的化学热处理	336
一、化学热处理基本原理	336
二、渗碳	339

1. 气体渗碳	339
2. 液体渗碳	390
3. 固体渗碳	395
4. 其他渗碳方法	400
5. 渗碳后的热处理	406
6. 渗碳件的质量检验	410
7. 渗碳件常见缺陷与对策	414
三、碳氮共渗	421
1. 碳氮共渗的工艺特点	421
2. 气体碳氮共渗工艺操作	422
3. 液体碳氮共渗	432
4. 碳氮共渗件的质量检验	435
5. 碳氮共渗件常见缺陷与对策	438
四、渗硼	441
1. 概述	441
2. 渗硼设备	441
3. 渗硼剂	443
4. 渗硼工艺操作	443
5. 渗硼件的后处理	452
6. 渗硼件的质量控制	452
五、渗铝	453
第八章 钢在铁素体状态下的化学热处理	457
一、钢在铁素体状态下的化学热处理类型	457
二、渗氮	458
1. 气体渗氮	458
2. 离子渗氮	479
3. 渗氮件的质量检验	492
三、氮碳共渗	496
1. 气体氮碳共渗	496
2. 熔盐液体氮碳共渗	504
四、渗硫及复合渗	509

1. 低温电解渗硫	509
2. 硫氮共渗	513
3. 硫氮碳共渗	513
五、气相沉积处理	521
1. 化学气相沉积	521
2. 物理气相沉积	523
六、QPQ 盐浴复合处理	528
第九章 表面热处理	534
一、感应淬火	534
1. 概述	534
2. 感应器	536
3. 高频、中频感应淬火工艺	550
4. 工频感应淬火工艺	578
5. 感应淬火件的回火	581
6. 感应淬火件的质量检验	582
7. 感应淬火件的常见缺陷与对策	587
二、火焰淬火	591
三、接触电阻加热淬火	599
四、氧化	600
五、磷化	606
六、蒸汽处理	615
七、激光淬火和电子束淬火	617
1. 激光淬火	617
2. 电子束淬火	624
第十章 铸铁热处理	627
一、灰铸铁热处理	627
二、可锻铸铁热处理	639
三、球墨铸铁热处理	652
四、蠕墨铸铁热处理	679
1. 正火	679

2. 淬火和回火	679
3. 等温淬火和硬环化处理	679
4. 质量控制	680
五、其他铸铁热处理	680
1. 耐磨铸铁的热处理	680
2. 耐蚀铸铁的热处理	688
六、铸铁热处理后的质量控制	689
1. 各种铸铁金相组织的控制范围	689
2. 铸铁热处理后的质量检验	692
第十一章 有色金属热处理	694
一、铝合金的热处理	694
1. 铸造铝合金的热处理	694
2. 变形铝合金的热处理	702
二、铜与铜合金的热处理	727
1. 纯铜的热处理	727
2. 加工黄铜的热处理	727
3. 加工青铜的热处理	729
4. 铸造铜合金的热处理	734
三、镁合金的热处理	735
四、钛合金的热处理	741
五、铸造锌合金的热处理	748
第十二章 热处理设备及热工仪表	749
一、加热设备	749
1. 电阻炉	749
2. 浴炉	764
3. 感应加热装置及火焰淬火设备	784
4. 真空炉和离子渗氮设备	814
二、热工仪表	824
1. 温度计	824
2. 热电偶	826

3. 光学高温计	829
4. 电子电位差计	831
三、微机在热处理中的应用	836
1. 微机在井式炉渗碳中的应用	836
2. 微机在连续炉渗碳中的应用	841
第十三章 热处理安全与环保和节能	842
一、安全	842
1. 一般要求	842
2. 防火	843
3. 防爆	846
4. 防毒	851
5. 防触电	853
6. 各种设备的安全操作注意事项	855
7. 其他安全技术	862
二、节能和环保	865
1. 车间空气保护	865
2. 有毒物质排放控制	867
3. 噪声控制	868
4. 电磁波辐射与屏蔽	869
5. 防暑降温和防冻保暖	869
6. 热处理安全生产常用防护用品	870
7. 热处理节能、减排和环保	871
第十四章 硬度检验	874
一、常用硬度检验方法的适用范围	874
二、布氏硬度试验方法	878
三、洛氏硬度试验方法	905
1. 洛氏硬度的试验条件和适用范围	905
2. 洛氏硬度试验符号及说明	905
3. 洛氏硬度试验步骤及要求	906
4. 表面洛氏硬度的符号及说明	911

5. 表面洛氏硬度的试验条件及适用范围	913
6. 表面洛氏硬度试验	913
四、维氏硬度试验方法	918
1. 试验原理	918
2. 符号和说明	918
3. 试验力范围	919
4. 试验步骤	920
5. 试验结果处理	923
6. 维氏硬度计示值误差	929
五、肖氏硬度试验方法	930
六、锉刀硬度试验方法	931
七、里氏硬度试验方法	933
八、硬度换算	939
附录	951
附录 A 热处理常用辅助材料	951
附录 B 钢的火花鉴别图表	960
附录 C 轴杆类零件热处理后的变形公差范围	977

第一章 热处理工艺代号及名词术语

一、热处理工艺代号

热处理工艺代号见表 1-1 ~ 表 1-3。

表 1-1 热处理工艺分类及代号 (GB/T 12603—2005)

工艺 总称	代号	工艺 类型	代号	工艺名称	代号
热 处 理	5	整体热处理	1	退火	1
				正火	2
				淬火	3
				淬火和回火	4
				调质	5
				稳定化处理	6
				固溶处理、水韧处理	7
				固溶处理和时效	8
		表面热处理	2	表面淬火和回火	1
				物理气相沉积	2
				化学气相沉积	3
				等离子体化学气相沉积	4
				离子注入	5
		化学热处理	3	渗碳	1
				碳氮共渗	2
				渗氮	3
				氮碳共渗	4
				渗其他非金属	5
				渗金属	6
				多元共渗	7

表 1-2 热处理工艺、介质及方法代号

加热方式	可控气氛 (气体)		真空	盐浴 (液体)		感应	火焰	激光	电子束		等离子体	固体 装箱	液态 床	电 接触
代号	01		02	03		04	05	06	07		08	09	10	11
退火工艺	去应力退火		均匀化退火		再结晶退火		石墨化退火		脱氢处理		球化退火	等温退火	完全退火	不完全退火
代号	St		H		R		C		D		Sp	I	F	P
冷却介质和方法	空气	油	水	盐水	有机聚合物水溶液	热浴	加压 淬火	双介质 淬火	分级 淬火	等温 淬火	形变 淬火	气冷 淬火	冷处理	
代号	A	O	W	B	Po		H	Pr	I	M	At	Af	G	C

表 1-3 常用热处理工艺及代号

工 艺	代 号
热处理	500
整体热处理	510
可控气氛热处理	500-01
真空热处理	500-02
盐浴热处理	500-03
感应热处理	500-04
火焰热处理	500-05
激光热处理	500-06
电子束热处理	500-07
离子轰击热处理	500-08
流态床热处理	500-10
退火	511
去应力退火	511-St
均匀化退火	511-H
再结晶退火	511-R
石墨化退火	511-G
脱氢处理	511-D
球化退火	511-Sp
等温退火	511-1
完全退火	511-F

(续)

工 艺	代 号
不完全退火	511-P
正火	512
淬火	513
空冷淬火	513-A
油冷淬火	513-O
水冷淬火	513-W
盐水淬火	513-B
有机水溶液淬火	513-Po
盐浴淬火	513-H
加压淬火	513-Pr
双介质淬火	513-I
分级淬火	513-M
等温淬火	513-At
形变淬火	513-Af
气冷淬火	513-G
淬火及冷处理	513-C
可控气氛加热淬火	513-01
真空加热淬火	513-02
盐浴加热淬火	513-03
感应加热淬火	513-04
流态床加热淬火	513-10
盐浴加热分级淬火	513-10M
盐浴加热盐浴分级淬火	513-10H + M
淬火和回火	514
调质	515
稳定化处理	516
固溶处理, 水韧化处理	517
固溶处理 + 时效	518
表面热处理	520
表面淬火和回火	521
感应淬火和回火	521-04
火焰淬火和回火	521-05
激光淬火和回火	521-06
电子束淬火和回火	521-07
电接触淬火和回火	521-11
物理气相沉积	522
化学气相沉积	523

(续)

工 艺	代 号
等离子体增强化学气相沉积	524
离子注入	525
化学热处理	530
渗碳	531
可控气氛渗碳	531-01
真空渗碳	531-02
盐浴渗碳	531-03
固体渗碳	531-09
流态床渗碳	531-10
离子渗碳	531-08
碳氮共渗	532
渗氮	533
气体渗氮	533-01
液体渗氮	533-03
离子渗氮	533-08
流态床渗氮	533-10
氮碳共渗	534
渗其他非金属	535
渗硼	535 (B)
气体渗硼	535-01 (B)
液体渗硼	535-03 (B)
离子渗硼	535-08 (B)
固体渗硼	535-09 (B)
渗硅	535 (Si)
渗硫	535 (S)
渗金属	536
渗铝	536 (Al)
渗铬	536 (Cr)
渗锌	536 (Zn)
渗钒	536 (V)
多元共渗	537
硫氮共渗	537 (S-N)
氧氮共渗	537 (O-N)
铬硼共渗	537 (Cr-B)
钒硼共渗	537 (V-B)
铬硅共渗	537 (Cr-Si)
铬铝共渗	537 (Cr-Al)

(续)

工 艺	代 号
硫氮碳共渗	537 (S-N-C)
氧氮碳共渗	537 (O-N-C)
铬铝硅共渗	537 (Cr-Al-Si)

二、热处理工艺名词术语

热处理工艺名词术语见表 1-4 ~ 表 1-5。

表 1-4 热处理工艺缺陷类名词术语 (摘自 GB/T 7232—1999)

序号	名称	定 义
1	脱碳	加热时, 由于介质与钢铁表层的碳作用使表层含碳量降低的现象
2	淬火冷却开裂	淬火冷却时, 淬火应力超过断裂强度 S_k , 在工件上形成裂纹的现象
3	热应力	工件在加热或冷却时, 由于不同部位存在着温度差别而导致热胀和 (或) 冷缩不一致所引起的应力
4	相变应力	热处理过程中, 由于工件各部位相转变的不同时性所引起的应力
5	残留应力	又叫残余内应力、内应力 工件在没有外力作用, 各部位也没有温度差的情况下而存留在工件内的应力
6	过烧	金属或合金的加热温度达到其固相线附近时, 晶界氧化和开始部分熔化现象
7	过热	金属或合金在热处理加热时, 由于温度过高, 晶粒过度长大, 以致力学性能显著降低的现象
8	偏析	合金中合金元素、夹杂物或气孔等分布不均匀的现象