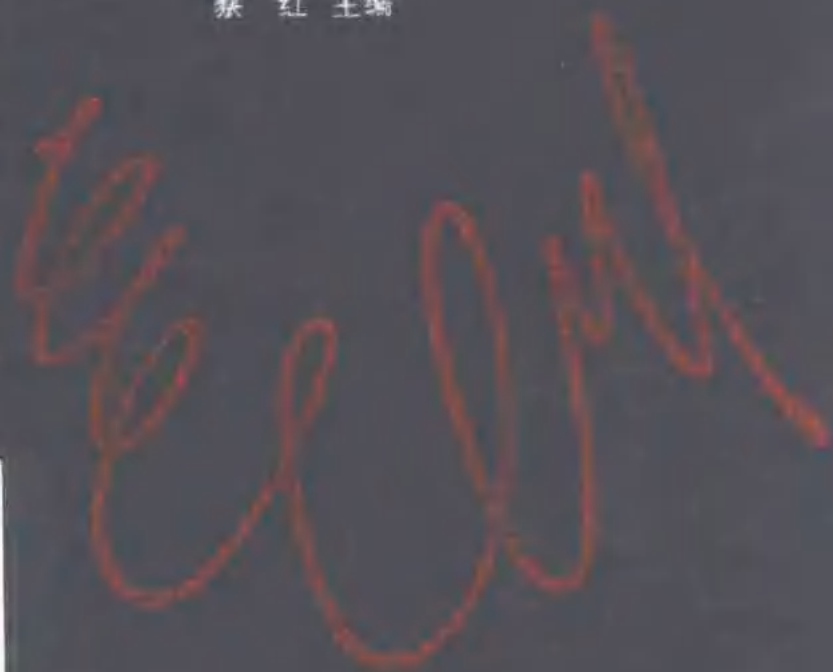
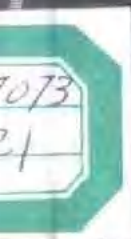


用
处
册

上海科技教育出版社

实用钢铁热处理手册

蔡红 主编



实用钢铁热处理手册

蔡 红 主编

上海科技教育出版社

责任编辑 张英光

实用钢铁热处理手册

蔡红 主编

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路393号 邮政编码200233)

各地新华书店经销 江苏常熟市印刷二厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.625 字数 315000

1998年3月第1版 1998年3月第1次印刷

印数 1—5000

ISBN 7-5428-1462-1/TG·1

定价:19.00元

前 言

热处理是机械制造工业中重要工艺之一,是决定产品的质量和使用寿命的关键因素。采用先进的热处理技术可充分发挥材料的潜力,大幅度延长机器零件的使用寿命。

伴随材料和材料应用科学的发展,热处理技术也取得了日新月异的进步,尤其在强化、少(无)氧化加热、节能、少(无)污染、自动化诸方面进展更为明显。

为了适应生产飞速发展需要,促进技术交流,普及推广应用先进经验,指导热处理工艺的制订和操作,我们结合多年从事热处理设备和工艺技术开发的实践经验,参考国内外有关资料编写了这本手册。本手册简明、扼要,并注重实用性、可靠性、先进性和科学性的统一,对热处理技术人员、技术人员和其他应用部门均有参考价值。

本手册共分十章,内容涉及退火与正火、淬火与回火、渗碳与氮碳共渗、渗氮、真空热处理、表面淬火、表面处理、典型工件热处理、控制气氛和热处理炉等。参加手册编著的人员有:石益仁、景学庸、屠恒悦、吴怀成、朱秉慧、祝晓霞、蔡红等。蔡红主编,梅志强审阅。在编写过程中,得到许多单位和同仁的热情支持,谨在此致谢。对于手册中的不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

1996年6月

目 录

第一章 退火与正火	1
第一节 钢的退火与正火	1
一、钢的退火方法及工艺曲线	1
二、钢的退火及正火的工艺规范	4
(一) 碳素结构钢	4
(二) 合金结构钢	4
(三) 弹簧钢	12
(四) 易切削钢	12
(五) 轴承钢	14
(六) 碳素工具钢	16
(七) 合金工具钢	17
(八) 高速工具钢	19
(九) 模具钢	21
(十) 耐热钢	29
第二节 铸钢件的退火与正火	31
一、消除内应力退火	31
二、高温退火与正火	32
第三节 铸铁的退火与正火	34
一、灰口铸铁的退火与正火	34
二、白口铸铁的退火	35
三、球墨铸铁的退火与正火	35
四、可锻铸铁的退火	39
(一) 白心可锻铸铁的脱碳退火	39
(二) 黑心可锻铸铁的退火	41
(三) 珠光体可锻铸铁的退火	41
第二章 淬火与回火	43

第一节 钢的淬火与回火	43
一、淬火	43
(一) 常用淬火方法	43
(二) 淬火加热的保温时间	46
(三) 冷却介质(淬火介质)	47
二、回火	51
(一) 常用回火方法	51
(二) 回火温度与硬度的关系	52
(三) 回火保温时间	54
三、淬火与回火工艺规范	54
(一) 碳素结构钢和合金结构钢	54
(二) 弹簧钢	58
(三) 轴承钢	58
(四) 工具钢与模具钢	60
(五) 高速工具钢	68
(六) 耐热钢与耐酸钢	71
四、常见淬火、回火缺陷及其防止方法	75
第二节 铸钢件的淬火与回火	78
一、常用铸钢件	78
二、高锰钢铸件	79
第三节 铸铁的淬火与回火	79
一、灰口铸铁	79
二、白口铸铁	80
三、球墨铸铁	81
第三章 渗碳与氮碳共渗	84
第一节 渗碳	81
一、气体渗碳	84
(一) 渗碳剂及渗碳设备	84
(二) 气体渗碳工艺	85
(三) 气体渗碳操作要点	86
二、固体渗碳	87
(一) 渗碳剂及渗碳设备	87
(二) 固体渗碳工艺	88
(三) 固体渗碳操作要点	89

三、渗碳后的热处理	89
四、渗碳件的质量检验	91
五、渗碳件的常见缺陷及其防止方法	91
第二节 中温氮碳共渗	93
一、中温气体氮碳共渗	93
(一) 共渗剂及共渗设备	93
(二) 中温气体氮碳共渗工艺	94
二、中温液体氮碳共渗	94
三、共渗后的热处理	96
四、中温氮碳共渗件的质量检验	97
五、氮碳共渗件的常见缺陷及其防止方法	97
第三节 低温氮碳共渗(软氮化)	97
一、低温固体氮碳共渗	98
(一) 共渗剂及共渗设备	98
(二) 低温固体氮碳共渗工艺	98
二、低温液体氮碳共渗	99
(一) 共渗剂及共渗设备	99
(二) 低温液体氮碳共渗工艺	100
三、低温气体氮碳共渗	100
(一) 共渗剂及共渗设备	100
(二) 低温气体氮碳共渗工艺	102
(三) 通氨滴醇低温气体氮碳共渗	103
四、低温氮碳共渗处理后组织与性能	103
(一) 共渗层组织	103
(二) 共渗层深度和表面硬度	104
(三) 疲劳极限	104
(四) 耐腐蚀性	105
五、低温氮碳共渗质量检验	105
第四章 渗氮	106
第一节 渗氮钢及预先热处理	106
一、常用渗氮钢	106
二、结构钢渗氮前的热处理	107
三、工具钢、模具钢、不锈钢和耐热钢渗氮前的热处理	108
第二节 气体渗氮	109

一、气体渗氮介质及渗氮设备	109
二、气体渗氮工艺	110
(一) 渗氮前工件非渗氮部位的保护	110
(二) 渗氮工艺参数	110
(三) 典型的气体渗氮工艺	112
(四) 抗蚀渗氮工艺	114
第三节 离子渗氮	115
一、离子渗氮的原理、特点及设备	115
二、离子渗氮工艺	116
(一) 电气参数的选择	116
(二) 渗氮温度与渗氮时间	117
第四节 渗氮层性能	118
一、渗氮层的硬度和耐磨性	118
二、渗氮层的抗疲劳性能	118
三、渗氮层的耐蚀性能	119
第五节 渗氮件的质量检验与常见缺陷的防止方法	120
一、渗氮件的质量检验	120
(一) 渗氮层深度	120
(二) 渗氮层硬度	120
(三) 渗氮层脆性	120
(四) 渗氮层金相组织	120
(五) 渗氮层耐蚀性	121
二、渗氮件常见缺陷的防止方法	121
第五章 真空热处理	124
第一节 真空测量计	124
一、弹性真空计	124
二、电阻真空计	124
三、热偶真空计	124
四、电离真空计	127
五、复合真空计	127
第二节 真空泵	129
一、真空泵的类型和特性	129
二、真空泵的技术性能和规格	130
第三节 真空热处理炉	135

一、真空热处理炉的分类和特点	135
(一) 真空热处理炉分类	135
(二) 真空热处理炉特点	135
二、真空热处理炉的选择	136
(一) 真空退火炉的选择	136
(二) 真空淬火炉的选择	137
(三) 真空回火炉的选择	137
三、国产真空热处理炉	137
第四节 真空热处理工艺	146
一、真空热处理工艺参数	146
(一) 真空度	146
(二) 加热和预热温度	146
(三) 保温时间	146
二、工件的清洗与装料方法	147
三、钢的真空热处理工艺规范	147
(一) 合金结构钢和超高强度钢	147
(二) 高速工具钢	149
(三) 高合金钢	149
(四) 弹簧钢	149
(五) 轴承钢	152
(六) 不锈钢和耐热钢	152
第六章 表面淬火	155
第一节 感应加热表面淬火	155
一、感应加热表面淬火设备	155
二、高频、中频感应加热表面淬火工艺	159
(一) 加热设备频率的选择	159
(二) 加热比功率的选择	160
(三) 加热温度和加热时间	163
(四) 加热和冷却方法	163
三、感应加热表面淬火件的回火工艺	168
四、感应加热表面淬火缺陷的防止方法	169
五、感应器的设计与制造	171
(一) 高、中频感应器的设计与制造	171
(二) 工频感应器的设计与制造	185

六、典型工件的感应加热表面淬火	188
(一) 齿轮的感应加热表面淬火	188
(二) 花键轴的感应加热表面淬火	189
(三) 机床主轴的感应加热表面淬火	190
(四) 丝杠的感应加热表面淬火	190
(五) 冷轧辊的感应加热表面淬火	190
第二节 火焰加热表面淬火	196
一、火焰加热表面淬火的加热方法	196
二、火焰淬火用燃料和装置	198
三、火焰加热表面淬火工艺	198
第七章 表面处理	201
第一节 渗硼	201
一、固体渗硼	201
二、液体渗硼	202
三、渗硼件的后处理	203
四、渗硼件的检验	204
五、渗硼层的性能和应用	204
第二节 渗金属	205
一、渗铬	205
(一) 固体渗铬	205
(二) 液体渗铬	206
(三) 渗铬件的后处理	206
(四) 渗铬件的检验	206
(五) 渗铬件常见缺陷及其防止方法	206
二、渗铝	207
(一) 粉末渗铝	207
(二) 热浸渗铝	207
(三) 渗铝件常见缺陷及其防止方法	208
(四) 渗铝的应用	209
三、渗钒	210
(一) 液体渗钒的渗剂及工艺	210
(二) 渗钒件的检验	210
(三) 渗钒层的性能和应用	210
第三节 物理气相沉积	211

一、物理气相沉积技术的特点及装置	211
二、物理气相沉积的工艺流程	220
(一) 镀前处理	220
(二) 加热烘烤	220
(三) 离子轰击	220
(四) 沉积镀膜	221
(五) 冷却	221
三、镀膜的性能和应用	221
四、镀膜的检测	222
第四节 镍-磷化学镀	223
一、镍-磷化学镀设备	223
二、镍-磷化学镀工艺流程	223
(一) 除油处理	223
(二) 酸浸处理	224
(三) 沉积镀膜	224
(四) 镀后热处理	226
第五节 发黑处理	226
一、发黑处理工艺	226
(一) 准备阶段	226
(二) 氧化处理阶段	227
(三) 辅助加工处理阶段	228
二、常见缺陷与消除方法	228
第八章 典型工件热处理	230
第一节 紧固件热处理	230
一、高强度螺栓、螺钉、螺柱和螺母	230
(一) 性能等级与机械性能	230
(二) 常用材料	232
(三) 预先热处理	234
(四) 成品热处理	236
二、不锈钢螺栓、螺钉、螺柱和螺母	237
(一) 性能等级与机械性能	237
(二) 成品热处理	239
第二节 工具热处理	241
一、工具用钢	241

二、工具的热处理工艺	242
(一) 预先热处理	242
(二) 淬火与回火	243
三、工具热处理常见缺陷及其防止方法	247
第三节 模具热处理	249
一、冷作模具	249
(一) 冷作模具常用钢材及制造工艺路线	249
(二) 冷作模具的热处理	250
二、热作模具	252
(一) 热作模具常用钢材及制造工艺路线	252
(二) 热作模具的热处理	253
三、模具早期失效及延寿措施	256
第九章 控制气氛	258
第一节 常用控制气氛的种类和选用	258
一、常用控制气氛的种类	258
二、控制气氛的选用	258
第二节 控制气氛的制备	260
一、制备控制气氛的原料	260
(一) 天然气和油田气	260
(二) 液化石油气	260
(三) 煤气	260
(四) 氮气	260
(五) 氩气	262
(六) 液体有机化合物	263
二、制备控制气氛的原理、流程和发生器	263
(一) 放热式气氛和净化放热式气氛	263
(二) 吸热式气氛	265
(三) 氨分解气氛和氨燃烧气氛	265
(四) 有机液体裂解气氛	267
(五) 氨基气氛	269
第三节 气氛的分析测量与仪器	269
一、奥氏分析法和奥氏分析仪	270
二、气相色谱法和气相色谱仪	270
三、红外线分析法和红外线分析仪	272

四、露点法和露点仪	273
(一) 露点杯	275
(二) 冷镜面露点仪	275
(三) 露室露点仪	275
(四) 氯化锂露点仪	277
(五) 五氧化二磷露点仪	277
(六) 电容式露点仪	277
五、氧势分析法和氢势分析仪	279
第四节 气氛的控制	279
一、气氛氧化-还原性的控制	279
二、气氛碳势的控制	280
(一) 露点法控制	281
(二) 红外线分析法控制	282
(三) 氧势分析法控制	283
(四) 电阻法控制	286
第十章 热处理炉	287
第一节 常用电阻炉	287
一、箱式电阻炉	287
(一) 中温箱式电阻炉	287
(二) 高温箱式电阻炉	289
(三) 1350℃箱式电阻炉	289
二、台车式电阻炉	289
三、井式电阻炉	290
(一) 井式回火电阻炉	290
(二) 井式中温电阻炉	290
(三) 井式高温电阻炉	291
(四) 井式气体渗碳电阻炉	292
(五) 井式气体氮化电阻炉	292
(六) 大型井式电阻炉	293
四、钟罩式电阻炉	293
五、连续作业电阻炉	294
六、鼓形电阻炉	299
第二节 热处理浴炉	299
一、热处理常用溶剂	299

二、电阻加热浴炉	309
(一) 电热低温浴炉	309
(二) 电热中温浴炉	310
三、电极盐炉	311
四、盐浴脱氧	312
(一) 脱氧剂	312
(二) 盐浴脱氧方法	313
五、流动粒子炉	314
附 录	317
一、布氏、维氏、洛氏和肖氏硬度换算表	317
二、我国常用钢号与国外钢号对照表	319
三、热处理基础标准	322
四、热处理工艺作业标准	322
五、热处理检验方法标准	323
六、热处理安全技术与环境保护标准	324
七、标准代号及名称	334

第 一 章

退 火 与 正 火

第一节 钢的退火与正火

退火,就是将钢加热到临界点 A_1 以上或以下的 一定温度,并在此温度下保持 一段时间,然后缓慢冷却,以获得接近平衡状态组织的一种热处理工艺。

正火,就是将钢加热到临界点 A_{c2} 或 A_{cm} 以上的一定温度,并在此温度下保持一段时间,以得到晶粒细小、成分均匀的奥氏体,然后在空气中冷却,从而获得细片状珠光体组织的一种热处理工艺。

一、钢的退火方法及工艺曲线

钢的退火加热速度与冷却速度见表 1-1。钢的各种退火方法和工艺曲线见表 1-2。

表 1-1 钢的退火加热速度与冷却速度

钢 种	加热速度(C/h)	冷却速度(C/h)
碳 素 钢	100~150	100~200
低合金钢	80~150	50~100
高合金钢	50~80	<50

表 1 2 钢的各种退火方法和工艺曲线

退火方法	退火工艺曲线	说 明
完全退火	<p>加热温度(°C) $A_3 + (30 \sim 80)$ 保温时间 缓冷至 500~600°C 以下 空冷 时间(h)</p>	加热速度、冷却速度见表 1-1 保温时间 = 保温时间系数 \times 有效尺寸 保温时间系数 α (min/mm): 碳素钢为 1.0~1.5; 低合金钢为 1.5~2.0; 高合金钢为 2.0~2.5
不完全退火	<p>加热温度(°C) $A_1 + (30 \sim 50)$ 保温时间 缓冷至 500~600°C 以下 空冷 时间(h)</p>	加热速度、冷却速度见表 1-1 保温时间同上
去应力退火	<p>加热温度(°C) 550~600 保温时间 缓冷 $\leq 200^\circ\text{C}$ 空冷 时间(h)</p>	加热速度、冷却速度见表 1-1 保温时间 = 保温时间系数 \times 有效尺寸 保温时间系数 $\alpha = 3 \sim 4 \text{ min/mm}$
再结晶退火 (中间退火)	<p>加热温度(°C) 650~700 保温时间 出炉空冷 时间(h)</p>	保温时间 = 保温时间系数 \times 有效尺寸 保温时间系数 $\alpha = 3 \sim 5 \text{ min/mm}$
等温退火	<p>加热温度(°C) A_3 A_{cm} A_1 保温时间 空冷 空冷 时间(h)</p>	将钢加热到 A_3 以上(亚共析钢) 30~50°C 或 A_{cm} 以上(共析钢和过共析钢) 30~50°C, 保温 一段时间, 然后以较快的速度冷却至稍低于 A_1 (A_1 以下 20~30°C) 保持 一段时间(碳素钢 1~2h, 低合金钢 3~4h, 高合金钢 >4h), 取出空冷

(续表)

退火方法	退火工艺曲线	说明
	<p>加热速度(℃) vs 时间(h) 曲线。加热至 $A_{c1} + (20 \sim 30)$℃，保温时间，炉冷 ≤ 500℃，空冷。</p>	<p>第一类：加热速度及保温时间与完全退火同。然后随炉冷降至 500℃ 后出炉空冷 碳素钢炉冷速度 ≤ 50℃/h 低合金钢炉冷速度 ≤ 30℃/h 高合金钢炉冷速度 $15 \sim 20$℃/h</p>
	<p>加热速度(℃) vs 时间(h) 曲线。加热至 $A_{c1} + (10 \sim 20)$℃，保温时间，炉冷 ≤ 500℃，空冷。</p>	<p>第二类：加热速度与完全退火同。保温一段时间，炉冷至略低于 A_{c1}，并长时间保温后随炉冷至 500℃ 后出炉空冷。亦称等温球化退火工艺。是最常用的退火工艺</p>
球 化 退 火	<p>加热速度(℃) vs 时间(h) 曲线。加热至 $A_{c1} + (20 \sim 30)$℃，保温时间，炉冷 ≤ 500℃，空冷。</p>	<p>第三类：加热速度与完全退火同。保温一段时间，炉冷至略低于 A_{c1} 保温一段时间。重复几次。称为周期球化退火工艺。适用于难以球化的钢种，如 CrWMn 等</p>
	<p>加热速度(℃) vs 时间(h) 曲线。加热至 A_{c1}，保温时间，炉冷 ≤ 500℃，空冷。</p>	<p>第四类：加热速度与完全退火同。加热到稍低于 A_{c1}，在此长时间保温。适用于淬火或经冷变形加工后钢的球化</p>
	<p>加热速度(℃) vs 时间(h) 曲线。加热至 $A_{c1} + (20 \sim 30)$℃，空冷，再加热至 A_{c1}，保温时间，炉冷 ≤ 500℃，空冷。</p>	<p>第五类：适用于原始组织有网状渗碳体或大块碳化物的工件或原材料。加热到稍高于 A_{cm}，使网状或大块碳化物溶解，出炉空冷，至室温或较低温度后，再采用以上所述球化退火工艺</p>