

热处理手册

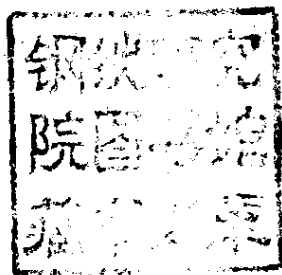
第一分册

机械工业出版社

热 处 理 手 册

第 一 分 册

《热处理手册》编委会 编



机 械 工 业 出 版 社

211771

《热处理手册》包括四篇和一个附录。第一篇介绍热处理基本原理、各种热处理工艺及热处理缺陷防止措施；第二篇介绍机械工业中有关典型零件的热处理工艺；第三篇介绍各种热处理设备、热处理车间设计及热处理过程的机械化与自动化；第四篇介绍热处理质量的检验方法；附录内列出了常用钢的成分、力学性能、等温及连续转变曲线、淬透性曲线以及有关的工艺性能数据，同时还列出了有关物理量的换算关系。全书按四个分册出版；第一、二、三篇分别为第一、二、三分册，第四篇和附录合为第四分册。本书是第一分册。

本手册主要是供机械工业的广大热处理工人、技术人员和干部使用，也可供科研和教学参考。

热 处 理 手 册

第一分册

《热处理手册》编委会 编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

北京市房山县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本850×1168 1/32·印张32¹/₄·插页2 字数852千字

1984年4月北京第一版·1984年4月北京第一次印刷

印数 00,001—24,800·定价5.90元

*

统一书号：15033·5263

几点说明

热处理是机械制造中保证产品质量、提高机器零件使用寿命的重要工艺。为了提高机械产品质量、适应机械工业发展的需要，我们组织编写了本《热处理手册》，现作如下几点说明：

1. 《热处理手册》主要是供机械工业的广大热处理工人、技术人员和干部使用的综合性工具书，也可供有关科研、设计、检验人员和院校教师、学生参考。

2. 本手册由机械工业部机械科学研究院、机械工业出版社、上海热处理厂、哈尔滨工业大学、机械工业部机电研究所、上海工具厂、上海电炉厂、第一汽车制造厂、机械工业部武汉材料保护研究所、上海市机械制造工艺研究所、山东工学院共十一个单位组成编委会，并组织有关工厂、科研、设计及院校共四十四各单位参加了编写工作。在编写过程中，按章节组成了编写小组，经过广泛地调查研究、整理编写、行业征求意见、全书审查等过程，最后由主编单位（第一机械工业部机械科学研究院、第一机械工业部机电研究所、哈尔滨工业大学）在文字和内容上作了适当的删减和修改。在编写过程中，曾得到全国许多工厂、科研、设计单位及院校的热情帮助和大力支持，许多单位的热处理工作者主动提供宝贵经验和试验数据，并积极参加审稿，对丰富手册内容和提高手册质量起了很大作用，在此一并表示感谢。

3. 由于我们的水平有限和经验不足，本手册中可能会有不

少缺点和错误，希望广大读者批评和指正。随着机械工业的发展，热处理方面必将出现更多的实践经验和理论成果，热忱欢迎广大读者经常给我们提供有关修改意见和资料，以便今后修订再版时参考。

参加本分册编写的单位有：

山东工学院；机械工业部武汉材料保护研究所；哈尔滨工业大学；上海热处理厂；上海淬火厂；机械工业部机电研究所；上海市机械制造工艺研究所；东北重型机械学院；第一汽车制造厂；重庆仪表材料研究所；东北工学院。

《热处理手册》编委会

常用符号名称对照表

符 号	名 称	单 位
A	奥氏体	
a	1. 厚度 2. 面积 3. 晶格常数 4. 裂纹长度	毫米、厘米 毫米 ² 、厘米 ² 埃、kx 毫米
A _{c1}	加热下临界温度	℃
A _{t3}	亚共析钢加热上临界温度	℃
A _{ccm}	过共析钢加热上临界温度	℃
A _k	冲击功	公斤力·米
a _K	冲击韧性值(冲击值)	公斤力·米/厘米 ²
A _{r1}	冷却下临界温度	℃
A _{r3}	冷却上临界温度	℃
B	贝氏体	
B	1. 磁感应强度 2. 宽度	高斯 毫米、厘米
B _上	上贝氏体	
B _下	下贝氏体	
B _r	剩余磁感	高斯
B _s	贝氏体转变开始温度	℃
B _s	饱和磁感	高斯
C	碳化物	
C	比热	卡/克·℃
C _p	定压比热	卡/克·℃
C _v	定容比热	卡/克·℃
COD	裂纹尖端临界张开位移	毫米
D	1. 外径 2. 扩散系数	毫米、厘米 厘米 ² /秒
b	直径、内径	毫米、厘米
E	正弹性模量	公斤力/毫米 ²

(续)

符 号	名 称	单 位
F	1. 铁素体 2. 面积	毫米 ² 、厘米 ²
f	挠 度	毫米
G	1. 切变弹性模量 2. 石墨	公斤力/毫米 ²
H	1. 磁场强度 2. 高度	奥斯特 毫米、厘米
h	1. 高度 2. 晶面间距	毫米、厘米 埃、kx
H _c	矫顽力	奥斯特
H _m	达到饱和磁感应强度时的磁场强度	奥斯特
HB	布氏硬度值	公斤力/毫米 ²
HK	努氏硬度值	公斤力/毫米 ²
HRA	洛氏A标度硬度值	
HRB	洛氏B标度硬度值	
HRC	洛氏C标度硬度值	
HS	肖氏硬度值	
HV	维氏硬度值	公斤力/毫米 ²
I	磁化强度	高斯
I _s	饱和磁化强度	高斯
J _{1c}	J积分	
K	应力水平因子	公斤力/毫米 ^{3/2}
K _c	临界应力水平因子	公斤力/毫米 ^{3/2}
K _{1c}	平面应变断裂韧性	公斤力/毫米 ^{3/2}
L	液态相	
L	长度	毫米、厘米、米
l	长 度	毫米、厘米
M	马 氏 体	
Md	形变诱发马氏体转变开始温度	℃
Me	金属元素	
Mf	马氏体转变终止温度	℃
Ms	马氏体转变开始温度	℃
N	循环次数	
n	转 速	转/分

(续)

符 号	名 称	单 位
P	珠光体	
P	1. 压强	公斤力/毫米 ²
	2. 外加载荷	公斤力
R	1. 半径	毫米、厘米
	2. 电阻	欧姆
r	半 径	毫米、厘米
RE	稀土族元素	
S	面积	毫米 ² 、厘米 ²
S	索氏体	
s	真 应 力	公斤力/毫米 ²
S_k	真实破断应力	公斤力/毫米 ²
T	屈氏体	
T	1. 绝对温度	°K
	2. 扭矩	公斤力·米
t	温 度	°C, °F
V	电压	伏特
V	体积	厘米 ³ 、升、米 ³
V_c	蠕变速度	%/小时
W	1. 功率	瓦、千瓦
	2. 宽度	毫米、厘米
α	α 相	
α	线膨胀系数	毫米/毫米·°C
β	1. β 相	
	2. β 射线	
γ	比重	克/厘米 ³
γ	1. γ 相	
	2. γ 射线	
δ	δ 相	
δ	1. 伸长率	%
	2. 厚度	毫米、厘米
δ_5	5倍试样的伸长率	%
δ_{10}	10倍试样的伸长率	%
ϵ	ϵ 相	
ϵ	1. 真应变	毫米/毫米, %
	2. 相对缩短率	%

(续)

符 号	名 称	单 位
λ	1. 导热系数 2. 波长	卡/厘米·秒·℃ 埃、微米、厘米
μ	导磁率	高斯/奥斯特
μ_m	微米	(10^{-4} 厘米)
μ_m	最大导磁率	高斯/奥斯特
ρ	1. 密度 2. 电阻系数	克/厘米 ³ 欧姆·厘米
ν	泊松比	
σ	σ 相	
σ	应力	公斤力/毫米 ²
σ_{-1}	光滑试样对称弯曲试 验时的疲劳极限	公斤力/毫米 ²
$\sigma_{0.2}$	永久变形为0.2%时的屈服 强 度	公斤力/毫米 ²
σ_b	抗拉强度	公斤力/毫米 ²
σ_{bb}	抗弯强度	公斤力/毫米 ²
σ_{bc}	抗压强度	公斤力/毫米 ²
σ_e	弹性极限	公斤力/毫米 ²
σ_N	循环周次为 N 时的疲劳 强 度	公斤力/毫米 ²
σ_p	比例极限	公斤力/毫米 ²
σ_s	屈服强度	公斤力/毫米 ²
τ	1. 切应力 2. 时间	公斤力/毫米 ² 秒、分、小时
ϕ	直径	毫米
φ	角度	度、弧度
ψ	断面收缩率	%

目 录

常用符号名称对照表

第一篇 热处理基本原理和工艺

第一章 热处理基本原理	1-1
第一节 铁碳合金平衡状态图	1-1
一、Fe-C (Fe-Fe ₃ C) 平衡状态图	1-4
二、Fe-C 合金的组织转变	1-10
三、Fe-C 合金的性能	1-17
第二节 合金元素对钢的平衡组织的影响	1-17
一、钢中的杂质和合金元素	1-17
二、合金元素在钢中的存在形式和分布	1-19
三、合金元素对 Fe-C 平衡状态图的影响	1-26
第三节 钢在加热时的组织转变	1-32
一、奥氏体的形成过程	1-33
二、影响奥氏体形成速度的因素	1-33
三、奥氏体晶粒的长大	1-42
四、影响奥氏体晶粒大小的因素	1-43
第四节 钢在冷却时的转变	1-55
一、过冷奥氏体的转变类型	1-55
二、过冷奥氏体等温转变曲线	1-58
三、奥氏体在连续冷却时的转变	1-80
四、珠光体转变	1-97
五、贝氏体转变	1-115
六、马氏体转变	1-146
七、冷却转变过程的概括	1-178
第五节 钢的淬透性	1-188
一、钢的临界淬火速度	1-189
二、淬透性的评定标准	1-190

三、影响钢淬硬层深度的因素	1-192
四、淬透性的测定方法	1-195
第六节 钢的回火转变	1-209
一、淬火钢回火时的组织转变	1-209
二、淬火钢回火时的性能变化	1-230
三、合金元素对回火过程的影响	1-237
四、回火脆性及防止措施	1-243
五、非马氏体淬火组织的回火	1-251
第七节 钢的时效	1-252
一、淬火时效	1-252
二、变形时效	1-254
三、蓝脆性	1-255
四、马氏体钢的时效	1-256
第二章 热处理基本工艺和缺陷	1-263
第一节 退火和正火	1-263
一、退火	1-263
二、正火	1-271
第二节 淬火	1-272
一、淬火加热	1-272
二、淬火冷却	1-276
三、淬火方法	1-277
四、淬火操作	1-292
第三节 回火	1-297
一、回火工艺的确定	1-298
二、回火方法	1-301
第四节 冷处理	1-304
一、冷处理工艺	1-305
二、编制冷处理工艺时的注意事项	1-306
第五节 内应力	1-308
一、内应力的分类	1-308
二、整体淬火时的残余应力	1-310
三、回火对残余应力的影响	1-317
四、表面淬火时的残余应力	1-319

第六节 变形	1-337
一、淬火变形的根本原因	1-337
二、淬火变形	1-341
三、表面淬火变形	1-355
四、淬火变形的控制与矫正	1-363
第七节 开裂	1-365
一、热处理裂纹分类	1-365
二、钢的性能对淬火开裂的影响	1-367
三、试样上的缺口对淬火开裂的影响	1-368
四、工艺因素对淬火开裂的影响	1-370
第三章 钢的化学热处理	1-377
第一节 化学热处理原理	1-378
一、化学热处理的基本过程	1-378
二、形成扩散层的过程	1-379
第二节 钢的渗碳	1-380
一、气体渗碳	1-381
二、液体渗碳	1-388
三、固体渗碳	1-392
四、渗碳用钢及渗碳后的热处理	1-396
五、渗碳层的组织与性能	1-398
六、渗碳件质量检查、常见缺陷及防止措施	1-402
七、其他渗碳方法	1-405
第三节 钢的渗氮	1-405
一、气体渗氮	1-405
二、离子渗氮	1-414
三、渗氮用钢及其热处理	1-417
四、渗氮层的组织与性能	1-419
五、渗氮工件的质量检查、常见缺陷及防止措施	1-422
六、强化渗氮过程的方法	1-428
第四节 钢的碳氮共渗	1-429
一、中温碳氮共渗	1-429
二、低温碳氮共渗	1-442
第五节 渗硫、硫氮共渗、硫碳氮共渗	1-451

目 录

一、钢的渗硫	1-451
二、钢的硫氮共渗、硫碳氮共渗	1-453
第六节 钢的渗铝	1-456
一、渗铝方法	1-456
二、渗铝层的组织、性能	1-461
三、渗铝工件质量检验、常见缺陷及防止措施	1-463
第七节 钢的渗铬	1-465
一、渗铬方法	1-465
二、渗铬层深度、组织、性能及影响因素	1-468
三、渗铬件的质量检验、常见缺陷及防止措施	1-472
第八节 钢的渗硼	1-473
一、渗硼的方法	1-474
二、渗硼层的深度、组织、性能及其影响因素	1-478
三、渗硼工件的质量检验、常见缺陷及防止措施	1-484
第九节 钢的渗硅	1-484
一、渗硅方法	1-484
二、渗硅层的厚度、组织、性能及影响因素	1-484
三、渗硅件的质量检验、常见缺陷及防止措施	1-488
第十节 钢的渗锌及渗其他元素	1-489
一、钢的渗锌	1-489
二、钢件的渗其他金属方法	1-491
第十一节 复合渗	1-494
一、铬和其他元素的共渗	1-494
二、硼和其他元素的共渗	1-496
第四章 表面热处理	1-501
第一节 感应加热热处理	1-501
一、感应加热的基本原理	1-501
二、快速加热的相变特点	1-506
三、感应器	1-514
四、高中频感应加热表面淬火工艺	1-524
五、工频感应加热表面淬火	1-530
六、感应加热表面淬火件的回火	1-535
第二节 火焰加热表面淬火	1-537

一、火焰加热表面淬火方法及应用	1-537
二、火焰加热表面淬火工艺	1-539
第三节 电接触加热表面淬火	1-540
第四节 浴炉加热表面淬火	1-542
第五节 电解液加热表面淬火	1-543
第五章 应用可控气氛的热处理	1-545
第一节 钢在各种气体中加热时的氧化与还原、脱碳与增碳	1-546
一、钢在空气中的加热	1-546
二、钢在可控气氛中的加热	1-556
三、碳势控制原理	1-569
第二节 可控气氛的分类、用途及制备方法	1-577
一、制备可控气氛的燃料	1-577
二、可控气氛的分类及用途	1-579
三、各种气氛的制备方法	1-579
第三节 炉气的分析及控制方法	1-618
一、分析检验仪器	1-619
二、连续性的测量控制仪器	1-622
三、各种分析方法和仪器的比较	1-628
第四节 应用可控气氛的热处理工艺	1-628
一、低碳钢的光亮退火	1-628
二、中碳和高碳钢的光亮淬火	1-630
三、应用吸热式气氛的渗碳	1-630
四、应用吸热式气氛和氨的碳氮共渗	1-634
五、复碳	1-635
六、气体软氮化	1-636
第五节 在吸热式气氛中渗碳和碳氮共渗时的反常组织	1-637
一、形成反常组织的原因	1-637
二、黑色组织对渗碳和碳氮共渗件力学性能的影响	1-639
三、避免或减少黑色组织的方法	1-641
第六节 钢在含氢保护气氛和吸热式气氛中热处理 时的氢脆现象	1-644
一、钢在氢或含氢保护气氛中热处理时的氢脆	1-644
二、钢在水蒸气中加热淬火时的脆性	1-645

三、钢在吸热式气氛中进行渗碳和碳氮共渗时的氢脆	1-645
四、消除和避免氢脆的方法	1-649
第六章 其他热处理方法	1-650
第一节 形变热处理	1-650
一、低温形变淬火 (亚稳奥氏体的形变淬火)	1-651
二、高温形变淬火 (稳定奥氏体的形变淬火)	1-655
三、等温形变淬火	1-659
四、马氏体转变过程中的形变	1-659
五、马氏体转变后的形变时效	1-661
六、扩散型相变后的形变时效	1-661
七、其他形变热处理方法	1-662
八、金属与合金的形变时效	1-665
第二节 真空热处理	1-668
一、钢在真空中加热的行为	1-668
二、真空热处理的优缺点	1-671
三、真空热处理典型工艺	1-672
第三节 在流动粒子中的热处理	1-680
一、在流动粒子中的加热	1-681
二、在流动粒子中的冷却	1-683
三、在流动粒子中的化学热处理	1-684
第四节 钢的脉冲淬火	1-685
一、脉冲淬火的加热方法	1-685
二、钢经脉冲淬火后的组织和性能	1-687
三、脉冲淬火的应用	1-687
第五节 循环热处理	1-689
第六节 金属表面的碳化物沉积	1-691
一、气相沉积法	1-691
二、盐浴沉积法	1-692
三、真空溅射法	1-692
第七章 铸铁热处理	1-693
第一节 铸铁热处理的特点	1-693
一、加热时的组织转变	1-694
二、连续冷却转变	1-694

三、过冷奥氏体等温转变	1-695
四、铸铁共析转变的临界温度	1-696
第二节 灰口铸铁的热处理	1-696
一、消除内应力退火	1-697
二、软化退火	1-699
三、正火	1-701
四、淬火和回火	1-703
五、等温淬火	1-705
第三节 白口铸铁的热处理	1-706
一、消除内应力退火	1-707
二、淬火回火	1-708
三、等温淬火	1-709
第四节 球墨铸铁的热处理	1-712
一、球墨铸铁的共析临界温度	1-712
二、退火	1-713
三、正火	1-717
四、淬火和回火	1-725
五、等温淬火	1-733
第五节 可锻铸铁的热处理	1-746
一、白心可锻铸铁的热处理	1-746
二、黑心可锻铸铁的热处理	1-747
三、珠光体可锻铸铁的热处理	1-761
第六节 铸铁的表面热处理	1-766
一、感应加热表面淬火	1-766
二、火焰加热表面淬火	1-769
三、电接触加热表面淬火	1-770
第七节 铸铁的化学热处理	1-770
一、铸铁件的渗氮	1-770
二、铸铁件的渗硼	1-772
三、渗硫、硫氮(或硫碳氮)共渗	1-773
第八章 铸钢件的热处理	1-774
第一节 常用的铸钢材料	1-774
第二节 铸钢件的热处理	1-774

一、退火	1-775
二、正火-回火处理	1-782
三、调质	1-783
第三节 高锰钢铸件的热处理	1-783
一、高锰钢的化学成分	1-783
二、高锰钢铸件的热处理工艺	1-787
第四节 石墨钢铸件的热处理	1-793
一、化学成分对石墨钢铸件力学性能的影响	1-794
二、石墨钢铸件的热处理工艺	1-794
第九章 常用有色金属及合金的热处理	1-796
第一节 铜及铜合金的热处理	1-796
一、铜合金的分类、化学成分与机械性能	1-796
二、铜及铜合金的主要特性和用途举例	1-812
三、铜及铜合金热处理概述	1-812
四、黄铜的热处理	1-830
五、锡青铜的热处理	1-832
六、铝青铜的热处理	1-832
七、铍青铜的热处理	1-834
八、硅青铜的热处理	1-844
九、铬青铜的热处理	1-845
十、白铜的热处理	1-846
第二节 铝合金的热处理	1-846
一、变形铝合金的分类及用途	1-846
二、变形铝合金的淬火和时效	1-847
三、变形铝合金的退火	1-869
四、铆钉线材的热处理	1-870
五、铸造铝合金的分类和用途	1-873
六、铝合金铸件热处理特点	1-874
七、铝合金铸件的热处理工艺	1-885
八、铝合金热处理缺陷及其消除方法	1-892
第三节 镁合金的热处理	1-892
一、镁合金的分类及用途	1-892
二、退火	1-897