

热处理手册

第二分册

机械工业出版社

TG. 3-52
A. 1. 1
12

热 处 理 手 册

第 二 分 册

《热处理手册》编委会 编



机 械 工 业 出 版 社

204168

《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、三各篇分别为第一、二、三分册，第四篇和附录合为第四分册。本书是第二分册。

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 二 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许可证出字第 117 号）

民族印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $23 \frac{1}{8}$ · 插页 2 · 字数 619 千字

1978 年 10 月北京第一版，1978 年 10 月北京第一次印刷

印数 00,001—04,000 · 定价 2.75 元

统一书号：15033 · 4423

几点说明

建国以来，在毛主席革命路线指引下，广大热处理工人、技术人员和干部，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，贯彻独立自主、自力更生的方针，在热处理工艺、装备、测试以及理论研究等方面都取得了显著成绩，为提高机械产品质量、多快好省地发展机械工业作出了贡献。为了适应机械工业高速发展的需要，使热处理技术更好地为社会主义革命和社会主义建设服务，我们组织编写了这本《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、学员参考。

2. 本手册由一机部机械研究院、一机部技术情报所、上海热处理厂、哈尔滨工业大学、一机部机械院机电研究所、上海工具厂、上海电炉厂、第一汽车制造厂、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集体编写而成。在编写过程中、按章节组成了三结合编写小组，经过广泛地调查研究、集体编写、行业征求意见、全书审查等过程，最后由主编单位（一机部机械研究院、一机部机械院机电研究所、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，许多单位的工人、技术人员和干部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，在此一併表示感谢。

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新鲜经验，热忱欢迎广大读者经常给我们提供有关经验和资料，以便今后修订再版时参考。

参加本分册编写的单位有：

哈尔滨工业大学；洛阳轴承研究所；上海市机械制造工艺研究所；第一汽车制造厂；北京齿轮厂；北京机床研究所；汉川机床厂；天津大学；一机部机械院农业机械研究所；东北重型机械学院；兰州石油化工机器厂；榆次液压件厂；上海工具厂；哈尔滨第一工具厂；重庆工具厂；北京工业大学；成都工具研究所；上海星火模具厂；北京模具总厂；山东工学院；成都量具刃具厂；哈尔滨量具刃具厂；上海量具刃具厂。

《热处理手册》编委会

目 录

第二篇 典型零件热处理

第一章 齿轮热处理	2-1
第一节 齿轮的损坏形式	2-1
一、齿面接触疲劳损坏	2-1
二、齿面磨损	2-3
三、轮齿折断	2-5
四、其它损坏形式	2-6
第二节 各类齿轮常用钢种及热处理方法	2-7
一、汽车拖拉机齿轮	2-7
二、机床齿轮	2-9
三、冶金、矿山机械等重型齿轮	2-10
第三节 齿轮的渗碳、碳氮共渗及其后的热处理	2-13
一、渗碳及碳氮共渗齿轮用钢的技术要求	2-13
二、渗碳及碳氮共渗齿轮的工艺流程及热处理特点	2-14
三、渗碳及碳氮共渗齿轮金相组织的检验与控制	2-21
四、渗碳及碳氮共渗齿轮的热处理变形及其控制	2-25
第四节 齿轮感应加热淬火和火焰加热淬火	2-35
一、感应加热和火焰加热淬火齿轮用钢及制造工艺流程	2-35
二、感应加热全齿淬火	2-36
三、齿轮的沿齿沟淬火方法	2-48
四、齿轮的单齿淬火方法	2-51
五、低淬透性钢齿轮感应加热淬火	2-54
六、齿轮的火焰加热淬火	2-57
第二章 滚动轴承零件的热处理	2-61
第一节 一般用途轴承零件的热处理	2-62
一、铬钢轴承零件的热处理	2-62
二、无铬轴承钢轴承零件的热处理	2-99
三、渗碳钢制中小型轴承零件的热处理	2-112

四、中碳合金钢轴承零件的热处理	2-114
第二节 特大、特小、特轻精密轴承零件的热处理	2-118
一、特大型轴承零件的热处理	2-118
二、微型轴承零件的热处理	2-121
三、精密轴承零件的热处理	2-121
四、超轻、特轻轴承套圈的热处理	2-121
五、铁路车辆轴承零件的热处理	2-126
第三节 特殊用途轴承零件的热处理	2-126
一、耐腐蚀轴承零件的热处理	2-126
二、耐高温轴承零件的热处理	2-140
三、防磁轴承零件的热处理	2-151
第四节 其它轴承零件的热处理	2-155
一、保持架、铆钉等零件的热处理	2-155
二、冲压滚针轴承零件的热处理	2-156
第三章 弹簧热处理	2-165
第一节 弹簧的工作条件及性能要求	2-165
一、弹簧的种类	2-165
二、弹簧的工作条件	2-165
三、对弹簧的性能要求	2-166
第二节 弹簧钢	2-167
第三节 弹簧的热处理	2-170
一、弹簧的生产过程及检验项目	2-170
二、弹簧的淬火及回火	2-171
三、弹簧的等温淬火	2-175
四、弹簧的喷丸处理	2-176
五、弹簧的特殊处理	2-178
第四节 弹簧钢带及弹簧钢丝冷卷弹簧的热处理	2-180
一、弹簧钢丝及钢带的种类	2-180
二、弹簧冷卷后的去应力回火	2-181
第五节 耐热弹簧的热处理	2-182
第四章 紧固件的热处理	2-184
第一节 螺栓和螺母	2-184
一、螺栓和螺母的力学性能分级	2-184

二、常用材料	2-187
三、坯料的热处理	2-189
四、成品或半成品的热处理	2-190
第二节 弹簧垫圈和销	2-202
一、弹簧垫圈	2-202
二、销	2-204
第五章 汽车、拖拉机零件的热处理	2-206
第一节 活塞环	2-206
一、技术要求和使用材料	2-206
二、铸铁活塞环的热处理工艺	2-208
三、质量检验要求	2-212
第二节 活塞销	2-212
一、技术要求和使用材料	2-212
二、热处理工艺	2-213
三、质量检验要求	2-218
四、常见缺陷的预防及补救方法	2-218
第三节 连杆	2-220
一、技术要求和使用材料	2-220
二、热处理工艺	2-221
三、质量检验要求	2-225
四、常见缺陷的预防及补救方法	2-225
第四节 曲轴	2-228
一、制造曲轴的材料	2-228
二、45 钢曲轴感应加热表面淬火	2-228
三、球墨铸铁曲轴的热处理	2-232
第五节 凸轮轴	2-234
一、制造凸轮轴的材料	2-239
二、45 钢凸轮轴的热处理	2-240
三、合金铸铁凸轮轴的热处理	2-241
四、球墨铸铁凸轮轴的热处理	2-243
第六节 气门挺杆	2-243
一、气门挺杆材料	2-243
二、渗碳钢气门挺杆的热处理	2-245

三、合金铸铁气门挺杆的热处理	2-246
第七节 排气阀	2-254
一、技术要求及使用材料	2-255
二、排气阀的热处理工艺	2-255
三、排气阀热处理的质量检验	2-260
四、排气阀热处理常见缺陷的预防和补救	2-261
第八节 半轴	2-262
一、技术要求及使用材料	2-262
二、半轴的热处理工艺	2-263
三、半轴热处理质量检验	2-272
四、半轴热处理常见缺陷的预防及补救方法	2-273
第九节 油泵柱塞副和喷油嘴偶件	2-275
一、技术要求及使用材料	2-275
二、柱塞副和喷油嘴偶件的热处理工艺	2-276
第十节 拖拉机履带板	2-281
一、技术要求及使用材料	2-281
二、履带板的热处理工艺	2-282
三、质量检验	2-283
第六章 金属切削机床零件的热处理	2-284
第一节 机床零件常用钢铁材料	2-284
第二节 机床导轨的热处理	2-297
一、导轨高频表面淬火	2-298
二、导轨火焰表面淬火	2-303
三、导轨电接触表面淬火	2-304
四、镶钢导轨的热处理	2-307
第三节 主轴和丝杠的热处理	2-309
一、主轴的热处理	2-309
二、丝杠的热处理	2-315
第四节 其它机床零件的热处理	2-319
一、弹簧卡头的热处理	2-319
二、摩擦片的热处理	2-319
三、机床附件的热处理	2-319
第五节 铸铁件的人工时效处理	2-325

一、铸铁件的时效方法	2-325
二、人工时效工艺与影响铸件精度稳定性的因素	2-325
三、铸铁件人工时效实例	2-327
第六节 机床零件热处理的质量检验	2-330
一、机床零件热处理检验项目及内容	2-330
二、机床零件热处理变形的一般允差范围	2-330
第七章 风动工具及钻探机械零件的热处理	2-337
第一节 凿岩机活塞	2-338
一、工作条件及损坏形式	2-338
二、制造活塞的材料	2-339
三、20 CrMnMo 钢制活塞的热处理	2-340
四、钒钢活塞的热处理	2-343
第二节 凿岩机主要渗碳件的热处理	2-347
一、工作条件及损坏形式	2-347
二、技术条件及使用材料	2-350
三、渗碳件的热处理工艺	2-350
四、渗碳件热处理的质量检验	2-353
五、热处理常见缺陷及防止方法	2-353
第三节 凿岩机钎尾	2-354
一、工作条件及损坏形式	2-354
二、技术条件及使用材料	2-355
三、钎尾的热处理	2-356
四、技术要求和质量检验	2-356
第四节 其它风动工具零件的热处理	2-357
第五节 牙轮钻机三牙轮钻头	2-359
一、工作条件及损坏形式	2-359
二、技术条件及使用材料	2-359
三、牙轮、牙爪、滚柱的热处理	2-360
四、质量检验	2-362
五、热处理常见缺陷及防止方法	2-362
第六节 钻探机械钻具的热处理	2-363
一、工作条件及损坏形式	2-363
二、技术条件及使用材料	2-363

三、钻具的热处理	2-363
四、钻具热处理的质量检验	2-366
五、热处理常见缺陷及防止方法	2-367
第八章 农机具零件的热处理	2-368
第一节 在土壤摩擦条件下工作的零件的热处理	2-368
一、犁铧的热处理	2-368
二、犁壁的热处理	2-371
三、圆盘的热处理	2-372
四、锄铲的热处理	2-373
第二节 在作物摩擦条件下工作的零件的热处理	2-374
一、切割器刀片的热处理	2-374
二、其它与作物摩擦的零件的热处理	2-375
第三节 小农具	2-377
第九章 大型锻件的热处理	2-378
第一节 大型锻件的锻后热处理	2-379
一、锻件中的白点	2-379
二、锻后热处理(第一热处理)	2-381
第二节 大型锻件的第二热处理	2-391
一、大型锻件淬火、正火时的加热	2-391
二、大型锻件淬火、正火时的冷却	2-399
三、大型锻件的回火	2-418
四、大型锻件第二热处理工艺举例	2-421
五、大型锻件热处理后的力学性能	2-432
第三节 大型锻件的其它热处理工艺	2-432
一、锻件切削加工后的消除应力处理	2-432
二、锻件校直加热与回火工艺	2-440
三、电渣焊接件的热处理工艺	2-443
四、焊接件消除应力处理工艺	2-443
第十章 轧辊的热处理	2-444
第一节 冷轧辊的热处理	2-444
一、冷轧辊的分类及技术要求	2-444
二、冷轧辊用钢	2-447
三、冷轧辊的生产工艺过程	2-447

四、冷轧工作辊的预备热处理	2-447
五、冷轧工作辊的最终热处理	2-456
六、冷轧支承辊的热处理	2-473
七、冷轧辊的质量	2-474
第二节 热轧辊的热处理	2-484
一、锻造热轧辊用钢及技术条件	2-486
二、热轧辊的热处理	2-486
第十一章 电站设备锻件的热处理	2-487
第一节 电站设备大锻件的热处理	2-487
一、电站大锻件生产技术概况	2-487
二、发电机转子和汽轮机低压转子的热处理	2-492
三、汽轮机高、中压转子的热处理	2-504
四、汽轮机叶轮的热处理	2-515
五、发电机护环的强化和热处理	2-520
六、电站大锻件的质量检验	2-528
第二节 汽轮机叶片和特殊紧固件的热处理	2-531
一、汽轮机叶片的热处理	2-531
二、汽轮机紧固件的热处理	2-535
第三节 锅炉主要部件的热处理	2-539
一、锅炉主要部件的性能要求和使用钢材	2-539
二、锅炉主要部件的热处理	2-540
第十二章 石油化工机械零件的热处理	2-552
第一节 压力容器的热处理	2-552
一、工作条件、破坏形式及使用材料	2-552
二、压力容器典型制造工艺过程	2-557
三、压力容器的热处理工艺	2-557
四、压力容器热处理常见缺陷	2-570
第二节 石油钻机零件的热处理	2-572
一、吊环的热处理	2-572
二、吊卡的热处理	2-574
三、射孔器的热处理	2-575
四、泥浆泵缸套的热处理	2-577
五、泥浆泵活塞杆的热处理	2-579

六、公锥的热处理	2-580
第十三章 液压元件的热处理	2-582
第一节 齿轮泵零件的热处理	2-585
一、齿轮的热处理	2-585
二、齿轮泵轴的热处理	2-588
第二节 叶片泵零件的热处理	2-589
一、转子的热处理	2-589
二、定子(腰形套)的热处理	2-589
三、叶片的热处理	2-591
四、叶片泵轴的热处理	2-591
五、侧板的热处理	2-593
第三节 柱塞泵零件的热处理	2-593
一、配油盘的热处理	2-593
二、缸套的热处理	2-596
三、柱塞的热处理	2-596
四、回程盘(压盘)的热处理	2-597
五、斜盘的热处理	2-598
六、传动轴的热处理	2-599
第四节 液压阀门零件的热处理	2-600
一、滑阀的热处理	2-601
二、阀座的热处理	2-603
三、提动阀(锥形阀)的热处理	2-603
四、提动阀座的热处理	2-603
第五节 液压元件热处理的质量检验	2-603
第十四章 工具的热处理	2-604
第一节 工具用钢	2-604
一、工具用钢的选择	2-604
二、工具钢的技术条件	2-606
第二节 工具的热处理工艺	2-612
一、碳钢工具的热处理	2-612
二、合金钢工具的热处理	2-618
三、高速钢工具的热处理	2-623
第三节 工具热处理常见缺陷及其防止措施	2-635

第四节 工具热处理后的金相组织检验	2-641
一、碳素钢工具淬火马氏体级别的评定	2-641
二、碳素钢工具屈氏体含量	2-642
三、合金钢工具淬火马氏体级别	2-643
四、高速钢工具的淬火晶粒度	2-645
五、高速钢工具的回火程度检验	2-647
六、高速钢工具的过热程度检验	2-647
第五节 工具热处理举例	2-649
一、手丝锥的热处理	2-649
二、锉刀的热处理	2-651
三、手用锯条的热处理	2-652
四、圆板牙的热处理	2-653
五、圆锥铰刀的热处理	2-654
六、搓丝板的热处理	2-656
七、圆滚模的热处理	2-658
八、车刀的热处理	2-659
九、拉刀的热处理	2-661
十、大型高速钢刀具的热处理	2-666
十一、小型高速钢刀具的热处理	2-667
十二、高速钢对焊刀具的热处理	2-670
十三、铸造高速钢刀具的热处理	2-672
十四、常用五金和木工工具的热处理	2-675
第十五章 模具的热处理	2-679
第一节 冷作模具的热处理	2-679
一、技术要求和使用的钢材	2-679
二、冷作模具制造工艺路线	2-679
三、冷作模具的热处理工艺	2-679
四、冷作模具热处理实例	2-689
第二节 成型模具的热处理	2-689
一、工作条件及使用钢材	2-689
二、成型模具的制造工艺路线	2-692
三、成型模具的热处理工艺	2-693
四、成型模具热处理实例	2-696

第三节 热作模具的热处理	2-696
一、技术要求及使用的钢材	2-696
二、热作模具的制造工艺路线	2-697
三、热作模具的热处理工艺	2-697
第四节 模具的热处理变形	2-706
一、模具热处理变形的原因	2-706
二、减少模具热处理变形的措施	2-707
第五节 模具热处理常见缺陷及防止方法	2-713
第六节 模具热处理的质量检验	2-714
第七节 提高模具寿命的若干途径	2-716
一、高速钢模具低温淬火	2-716
二、模具渗硼	2-717
三、模具的软氮化处理	2-719
第十六章 量具的热处理	2-721
第一节 量具用钢	2-721
一、对量具用钢的要求	2-721
二、量具常用钢种	2-722
第二节 量具的热处理工艺	2-724
一、球化退火	2-724
二、调质处理	2-725
三、淬火	2-725
四、回火	2-727
五、冷处理	2-727
六、时效	2-728
七、校直	2-728
八、对量具热处理的硬度和金相组织要求	2-730
第三节 常用量具的热处理举例	2-730
一、千分尺零件的热处理	2-730
二、游标卡尺零件的热处理	2-732
三、块规的热处理	2-734
四、环规和塞规的热处理	2-737
五、卡规的热处理	2-737

第二篇 典型零件热处理

第一章 齿轮热处理

(哈尔滨工业大学 北京齿轮厂)

齿轮是用于传递动力、改变运动速度或运动方向的重要零件，一般都经过适当的热处理，以提高承载能力和延长使用寿命。但是热处理进行不当，会使齿轮性能恶化或精度降低，造成早期损坏或增大噪音。因此，齿轮热处理是机械制造中的一个重要课题。

第一节 齿轮的损坏形式

齿轮工作时，通过齿面的接触传递动力。两齿面在相对运动中，既有滚动、又有滑动，因此齿轮表面受到脉动接触应力及磨擦力的作用，而齿根部则受到脉动弯曲应力的作用。此外，由于运转过程中的过载（往往带有冲击的性质），安装、加工或齿轮、轴、箱体的变形等引起齿面的接触不良，外来尘污和硬质点的侵入，换档齿轮换档时的齿端部冲击等因素，都对齿轮的工作和使用寿命有很大影响。

齿轮在复杂的工作条件下，主要的损坏形式有齿面接触疲劳、磨损及轮齿折断，这些都与齿轮材料及热处理情况有密切关系。

一、齿面接触疲劳损坏

齿轮齿面在脉动的接触应力及磨擦力的长期作用下，往往导致齿面接触疲劳损坏。

齿面接触疲劳损坏有两种形态，即麻点剥落及硬化层剥落。

(一) 麻点剥落(或称点蚀)

麻点剥落是闭式齿轮传动中最常见的损坏形式(图2-1-1)。麻点剥落在节线附近偏向齿根的区域比较密集,其它部位较少。其起始形态,在表面热处理的硬齿面上表现为小点状,深度仅几微米;而在正火、调质的软齿面上,则呈小的贝壳状或椭圆形凹坑,深度为几十或上百微米。麻点剥落的进一步发展,表现为剥落坑增多和扩大,并形成大片状剥落或在节线下形成带状凹坑,最后,齿轮因齿面损坏甚至断齿而报废。



图 2-1-1 调质齿轮齿面的麻点剥落

金相分析表明,在出现麻点剥落的齿轮上,齿面金属均产生比较严重的、流动方向取决于齿面摩擦力的塑性变形,并存在与塑性变形流线方向相一致的与表面成 $5^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 的表面裂纹。一般认为,这些表面裂纹的形成是齿面金属在高的脉动接触应力及摩擦力作用下反复塑性变形的结果。表面裂纹通常发生在节线上下,但节线以下的裂纹较易发展成为剥落,这可能与齿轮运转时润滑油挤入节线以下的裂纹造成巨大的油楔作用有关。

在齿表面以下存在非金属夹杂、大块铁素体等薄弱环节时,也可能首先在这些部位形成裂纹再发展到剥落。

麻点剥落与齿表层金属的组织状态密切相关。通过热处理提高齿面硬度,特别是采用渗碳、碳氮共渗、渗氮、表面淬火等表面热处理工艺,可以大幅度提高齿面抗麻点剥落的能力。使表面塑性变形抗力降低的表面脱碳、非马氏体组织等工艺缺陷,或者