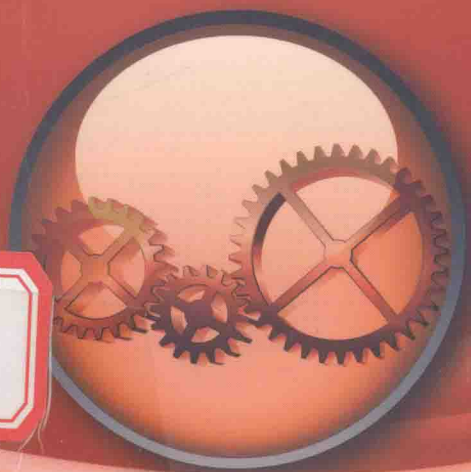


● 机械制造现场实用经验丛书

热处理技术经验

RECHULI JISHU JINGYAN

● 李淑华 郑鹏翱 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

机械制造现场实用经验丛书

热处理技术经验

李淑华 郑鹏翔 编著

中国铁道出版社

2015年·北京

内 容 简 介

为解决有关技术人员在对金属材料进行热处理过程中遇见的各种问题,使其材料在热处理过程中获得最佳组织与较好的性能,本书以问答的方式对有关常用材料的热处理工艺及热处理过程中应该注意的问题进行了讨论,对如何防止常用材料与通用构件在热处理过程中产生的缺陷进行了分析并提出了解决方案。本书可供热处理技术人员操作使用,也可供大专院校学生参考实验。

图书在版编目(CIP)数据

热处理技术经验/李淑华,郑鹏翱编著. —北京:中国铁道出版社,2015.10

(机械制造现场实用经验丛书)

ISBN 978-7-113-20941-4

I. ①热… II. ①李…②郑… III. ①热处理—问题解答 IV. ①TG156-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 214737 号

书 名: 机械制造现场实用经验丛书
热 处 理 技 术 经 验
作 者: 李淑华 郑鹏翱

策 划: 江新锡 钱士明 徐 艳
责任编辑: 陶赛赛 编辑部电话: 010-51873017
编辑助理: 袁希翀
封面设计: 崔 欣
责任校对: 王 杰
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

版 次: 2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷

开 本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 15.375 字数: 373千

号: ISBN 978-7-113-20941-4

定 价: 41.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话: (010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)51873659, 路电(021)73659, 传真(010)63549480

前 言

金属材料的热处理,是采用适当的方式对固态的金属工件加热到一定温度,并在相应温度下进行保温,然后以相应的方式进行冷却,从而获得所需要的组织结构与性能的生产工艺。

热处理技术是机械制造技术中的主要组成部分,是强化金属材料、发挥其潜力的重要工艺措施,是保证和提高机械产品质量和寿命的关键因素。通过适当的热处理,能最大限度地发挥材料潜力,保证产品所要求的力学性能、工艺性能。

虽然热处理只是机械制造业中的一道工序,但由于热处理过程中工件的温度和内部微观组织变化无法直接观测,因而热处理又是整个制造业中质量控制难度最大的一道工序。热处理工艺直接决定着机械制造产品的质量,因此控制好热处理这道工序异常重要。

纵观国内外工业技术的发展,随着新材料研制和新工艺的不断出现,机械制造业新材料的使用和新技术的发展,热处理行业也得到了迅猛发展。一些大厂的热处理车间得到了更新改造,小型热处理专业厂如雨后春笋遍地开花,还出现了设备先进、资金雄厚、管理严格的专业热处理厂,使得我国热处理水平有了很大提高。但是令人遗憾的是我国热处理行业还存在许多问题,严重制约了我国机械制造产品质量的提高。虽然引进了先进设

备,但也往往只能生产出中档产品而且质量还不稳定,而且还出现了热处理技术人员奇缺,热处理能耗居高不下,热处理质量徘徊不前等现象。

为解决有关工程技术人员在热处理过程中遇见的难题,合理地安排工艺流程,使其材料在热处理过程中获得最佳的效果,同时为了设计人员根据金属材料的组织和成分,并对两者的关系进行准确的分析进而制定热处理工艺,本书介绍了常用材料及相关构件的热处理基础知识与相关工艺,期望能为读者对常用材料及通用构件进行热处理及制定相关热处理制度带来帮助。

全书共分四章,其中第一章简要地介绍一些热处理基础知识,第二章常用碳钢的热处理,第三章常用合金钢的热处理,第四章不锈钢的热处理。解放军军械工程学院和白城兵器试验中心的领导和同仁为本书的编写给与了大力支持和帮助,谨此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中还参考和引用了一些作者的科研成果、数据、插图和照片,所用文献均已列于书后,对此对有关出版社和作者表示衷心的感谢。

对本书不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2014年10月

目 录

绪 论	1
一、什么是热处理?	1
二、热处理的地位与作用是什么?	2
三、热处理大概分几类?	3
第一章 基础知识	4
一、退火与正火	4
1. 什么是钢的退火?	4
2. 退火分为哪几类? 退火的目的是什么?	4
3. 什么是钢的正火?	5
4. 正火的目的是什么?	5
5. 退火或正火一般安排在工序的哪个阶段?	7
6. 如何对钢件进行完全退火?	7
7. 如何对构件进行等温退火?	8
8. 如何对钢件进行扩散退火?	10
9. 如何对钢件进行球化退火?	10
10. 如何对钢件进行去应力退火	11
11. 如何对钢件进行再结晶退火?	12
12. 如何对钢件进行不完全退火?	12
13. 如何正确选择退火与正火?	13
14. 工件退火和正火时可能出现哪些缺陷?	14
二、钢的淬火与回火	15
1. 如何确定钢的淬火与回火工艺参数?	17
2. 热处理过程中如何选择淬火介质?	21

3. 如何避免淬火变形与开裂?	29
4. 金属热处理前后如何进行清洗?	32
5. 热处理清洗过程中应注意哪些问题?	38
6. 如何清除工件表面附着的残油?	39

第二章 碳钢的热处理 44

一、碳钢的退火 44

1. 如何退火 20 钢热轧卷板能获得较好的冲压性能? ...	44
2. 如何对 35 钢进行半球化退火?	49
3. 如何解决 45 钢正火或调质后局部难机械加工 问题?	52
4. 如何解决 50 钢带在塑性变形过程中的裂纹问题? ...	57
5. 如何对中碳钢 SWRCH35K 进行亚温球化退火?	58
6. 如何对 45 钢冷挤压销轴毛坯进行球化退火?	66
7. 对低碳钢进行球化退火是否可提高其塑性降低变形 抗力?	68
8. 如何避免冷轧钢板退火碳黑的产生?	70
9. 如何避免碳钢冷轧卷在退火时产生粘接?	75
10. 如何对 FeCr2.2C1.92M 合金进行退火以便于切削 加工?	81
11. 如何进行 45 钢冷轧丝杆球化退火?	84
12. 如何进行高碳钢的快速球化退火?	88
13. 如何对 T8 钢进行形变球化退火?	94

二、正 火 98

1. 如何采用正火防止 Q345C 钢板弯曲裂纹?	98
2. 如何对 35 钢或 45 钢大型主轴锻件进行亚温 正火?	102
3. 如何对 35 钢、40 钢、45 钢、40Cr 钢板簧销轴进行 正火处理?	104
4. 如何利用正火提高 50W470 电工钢磁感应强度降低	

铁损?	105
5. 如何通过正火使 45 钢内部裂纹得到愈合?	109
三、淬火与回火	113
1. 淬火与回火对碳钢硬度的什么影响?	113
2. 如何通过热处理提高 45 钢性能?	117
3. 如何对超高碳钢进行热处理?	119
4. 如何通过热处理提高超高碳钢的耐磨性?	122
5. 如何解决 T8、T10 碳素工具钢淬火变形及开裂? ...	127
6. 如何对 T12 锉刀快速加热淬火热处理?	130
7. 如何对中碳弹簧 60 钢进行亚温淬火?	132
8. 如何进行 T9 钢细丝通电加热淬火?	135
9. 如何避免 T8A 销轴淬火裂纹的产生?	137
第三章 合金钢的热处理	141
一、合金钢退火	141
1. 合金钢退火不软化怎么办?	141
2. 如何防止 20CrMnMoH 钢的高频退火裂纹?	147
3. 如何对 7CrMn2Mo 钢进行球化退火?	152
4. 如何对 21CrMo10 钢锻件进行去氢退火?	159
5. 如何解决 27SiMnNi2CrMoA 钢硬度高机械加工难 问题?	162
6. 35CrNi3MoV 钢存在组织遗传晶粒粗大怎么办? ...	168
7. Cr12MoV 钢模脆性大易损坏怎么办?	173
8. 42MnMo7 钢冷拔钢管时经常出现裂纹与拔断怎 么办?	176
9. DT300 钢退火后硬度高机械加工性能不好怎 么办?	179
10. 退火工件表面存在大量氧化皮怎么办?	185
11. 如何进一步提高 IF 钢深冲性能?	188
12. 是否可以缩短 42CrMo 钢的球化退火时间?	193

13. 如何进行高速钢球化退火?	198
14. 如何解决 W6Mo5Cr4V2 高速钢钻头淬火后晶粒粗大问题?	200
15. 如何防止高速钢在台车式炉中的退火脱碳?	202
16. W9Mo3Cr4V 高速钢锻材方坯酸洗后为什么产生裂纹? 如何避免这种裂纹?	207
17. 如何对 M2 高速钢刀具焊接毛坯进行退火?	210
18. 如何避免 W6Mo5Cr4V2 高速钢在退火过程中产生增碳与表面着色?	214
19. 钢中出现白点怎么办? 如何消除?	220
20. 如何软化 DT300 钢以利于机械加工?	224
21. 如何对 H13 钢进行退火?	229
22. 如何对 S7 钢进行退火?	232
二、合金钢正火	234
1. 如何对 20CrMoH 锻造毛坯进行等温正火?	234
2. 如何高温正火消除 85Cr2Mn2Mo 钢的组织遗传?	238
3. 如何利用锻造余热正火消除 9Cr2Mo 钢粗大网状碳化物?	242
4. 如何通过正火处理提高热锻模具使用寿命?	244
5. 如何控制 18CrNiMo7-6 齿轮钢正火时冷却速度?	249
6. 如何利用二次正火消除 20CrMnMo 混晶并使晶粒细化?	254
7. 等温正火前期如何选择快冷用冷却介质?	256
8. 正火对 16MnDR 钢板组织及力学性能有什么影响?	265
9. 如何利用正火提高中碳微合金非调质钢的力学性能?	274
10. 正火温度对含钛高铬耐热钢显微组织和性能有	

哪些影响?	280
11. 如何对 3.5Ni 钢进行热处理以提高其低温 韧性?	284
12. 如何通过正火消除 15MnTi 钢焊缝残余应力?	289
三、合金钢淬火与回火	294
1. 如何在提高 20Cr1Mo1V1 圆钢强度的同时降低其 硬度?	294
2. 如何对 Cr12 进行热处理以提高其硬度和耐 磨性?	298
3. 如何防止 40Cr 钢汽车半轴淬火开裂?	301
4. 如何减小 GCr15SiMn 钢制零件热处理过程中产生的 变形?	307
5. 如何对 5CrMnMo 钢进行淬火可提高模具的使用 寿命?	310
6. 如何提高 30CrMnSiA 钢的塑性和韧性?	313
7. 如何对复合模具钢基材 60Si2Mn 钢进行淬火?	318
8. 如何消除 GCr15 钢球碱水淬火软点?	322
9. 如何解决齿轮淬火冷却中产生的质量问题?	326
10. 如何进行 G10CrNi3Mo 钢的渗碳淬火?	332
11. 如何选择低合金钢渗碳后直接淬火与重新加热 淬火?	335

第四章 不锈钢的热处理..... 339

一、如何对不锈钢进行热处理	339
1. 如何对马氏体不锈钢进行热处理?	339
2. 如何对铁素体不锈钢进行热处理?	341
3. 如何对奥氏体不锈钢进行热处理?	341
二、典型不锈钢的退火	345
1. 00Cr17Ti 不锈钢薄板冷轧时表面出现皱折 怎么办?	345

2. SUS304-2B 不锈钢薄板退火不软化怎么办?	350
3. 冷冲压后的 304 不锈钢是否需要退火? 退火温度应 选择多少合适?	356
4. 如何退火可使 304HC 不锈钢钢丝能获得较高的塑性 和较好的综合性能?	360
5. 如何进行不锈钢的光亮退火?	371
6. 如何对 00Cr12Ti 铁素体不锈钢进行退火处理?	376
7. 如何通过形变退火提高铁素体不锈钢的抗腐蚀 性能?	382
8. 低温退火能否提高冷轧奥氏体不锈钢的硬度?	387
9. 2Cr12NiMo1W1V 马氏体不锈钢异型锻件退火后出 现炸裂怎么办?	392
10. 如何退火可以有效提高 00Cr22Ni5Mo3N 双相不锈 钢复合板的耐蚀性?	396
11. 如何通过热处理减小超纯 Cr17 铁素体不锈钢表面 的皱折?	400
12. 如何对 0Cr11Ti 冷轧薄板进行退火?	410
13. 如何控制热处理工艺参数可降低 304 不锈钢胀管过 程中的焊缝开裂率?	412
14. 如何对 316L 不锈钢微丝进行退火?	417
15. 如何通过热处理降低 1Cr18Ni9Ti 冷轧带钢的晶间 腐蚀敏感性?	423
三、典型不锈钢的淬火与回火	427
1. 如何避免 Cr12 型不锈钢零件的淬火裂纹?	428
2. 如何对 1Cr17Ni2Si2 不锈钢进行淬火与回火可提高 其性能?	430
3. 超级马氏体不锈钢如何进行热处理可以提高其抗腐 蚀性能?	435
4. 如何对 0Cr13Ni4Mo 不锈钢进行淬火与回火可以提高 其拉伸性能和屈强比?	440

5. 如何对 2Cr13 钢进行淬火与回火?	443
6. 如何对 2Cr11NiMoVNbWB 钢进行淬火与回火? ...	450
7. 如何通过热处理提高含硼 316 不锈钢的性能?	453
8. 如何防止铬不锈钢 2-4Cr13 钢坯表面产生硬化 裂纹?	460
9. 如何对不锈钢零件进行光亮热处理?	462
10. 如何通过热处理使 1Cr17Ni2 不锈钢获得高强度及 高韧性?	464
参考文献	470

绪 论

金属材料是现代工业、农业、国防和科学技术使用最广泛的材料,人们日常生活用品也离不开金属材料。据统计,目前各种机器设备、车辆、轮船、飞机、水利电力设备、仪器仪表及国防武器等所用的材料中,金属材料占 90% 以上。金属材料之所以能获得广泛的应用,不仅是因为它的来源丰富广泛,还因为它有优良的使用性能与工艺性能。使用性能包括机械性能和物理、化学性能,优良的使用性能可满足生产和生活上的各种需要,优良的工艺性能则可使金属材料易于采用各种加工方法制成各种形状、尺寸的零件和工具。随着现代工业和科学技术的发展,对钢铁材料的性能要求越来越高。提高钢材性能的途径的主要方法有两个:一个是在钢中有意识地加入一些合金元素,即用合金化的方法和措施来提高钢材的性能;另一个就是对钢进行热处理。

一、什么是热处理?

钢的热处理是指将钢在固态下施以不同的加热、保温和冷却,以改变其组织,从而获得所需性能的一种工艺。如图 0-1 所示就是最基本的热处理工艺曲线。

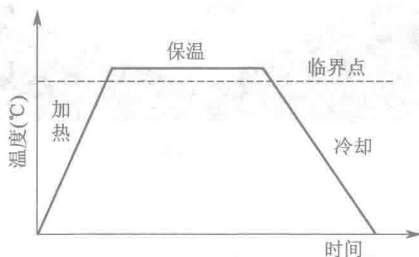


图 0-1 热处理工艺曲线示意图

热处理方法虽然很多,但任何一种热处理工艺都是由加热、保温和冷却三个阶段所组成。因此,要想详细了解各种热处理方法对钢的组织与性能的变化情况,还应该了解钢在加热(包括保温)和冷却过程中的相变规律。

二、热处理的地位与作用是什么?

热处理是一种强化钢材的重要工艺。通过热处理可以充分发挥钢材的潜能,提高工件的使用性能,减轻构件重量,节约材料,降低成本,还能延长构件的使用寿命。热处理在机械行业中占有非常重要的地位。例如,现代机床中有 65%~70% 的工件要经过热处理;汽车、运输车辆中有 75%~85% 的工件要经过热处理;而各种滚动轴承、工具和模具的生产中,几乎 100% 的构件都要进行热处理。例如,图 0-2 所示的钢铰子经过不同的热处理其性能不同。在供货状态时的洛氏硬度为 HRC25~30,球化退火时的洛氏硬度为 HRC20,淬火状态的洛氏硬度为 HRC62~65。

可见,热处理可以提高材料的使用性能,延长工件的使用寿命;改善材料的工艺性能,便于工件的冷热加工。

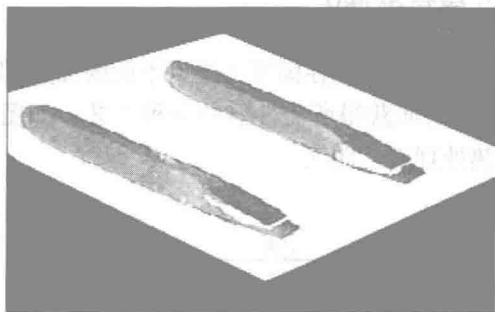


图 0-2 T10 钢铰子

作为机械工程技术人员,不论从事机械设计制造,还是使用维修,都会遇见金属材料的选用和热处理问题。生产实践表明,生产中往往存在选材不当或热处理不妥的现象,致使机械零件的使用

性能达不到规定的技术要求,导致在使用过程中早期失效,给生产造成很大损失。如何合理地选用金属材料与热处理方法,使之既满足机械零件使用性能的要求,又能提高生产过程中的经济性,这是一个细致复杂而又迫切需要解决的问题。不仅需要對零部件的工作条件、受力状况、结构形状、加工方法以及生产成本等有全面的、综合的分析,而且还必须掌握各种常用金属材料的组织、性能及变化规律。并能运用客观规律,解决具体生产过程中的实际问题。为此,就要求具有比较全面的金属材料与热处理知识。

三、热处理大概分几类?

根据加热和冷却方式的不同,热处理方法大致分类如图 0-3 所示的几种。



图 0-3 热处理方法

第一章 基础知识

一、退火与正火

1. 什么是钢的退火？

将组织偏离平衡状态的钢加热到适当温度、保温一定的时间，然后缓慢冷却的热处理工艺称为退火，工艺曲线如图 1-1 所示。

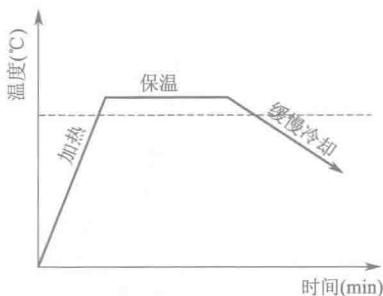


图 1-1 退火工艺曲线示意图

材料的退火可以使其内部组织结构接近平衡状态，使工件获得良好的使用性能及工艺性能，并为其进一步的淬火作好组织准备。

2. 退火分为哪几类？退火的目的是什么？

退火是将工件加热到适当温度，保持一定时间，然后进行缓慢冷却的热处理工艺。材料的退火可以使其内部组织结构接近平衡状态，使工件获得良好的使用性能及工艺性能，并为其进一步的淬火做好组织准备。钢的退火工艺种类很多，根据钢的成分、原始状态及使用目的不同，一般将退火分为完全退火、等温退火、扩散退

火、球化退火、去应力退火、再结晶退火和不完全退火等,各种退火温度如图 1-2 所示,各种退火的加热范围如图 1-3 所示。

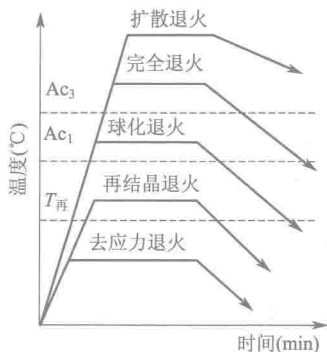


图 1-2 各种退火时间与温度曲线

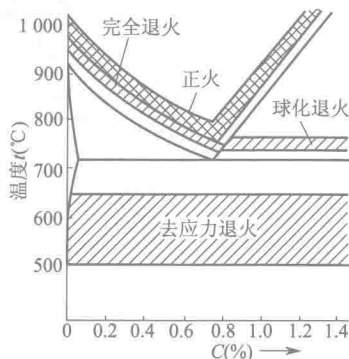


图 1-3 各种退火的加热范围

尽管退火的方式不同,但目的都是细化晶粒、均匀工件内部组织、减小成分偏析,为以后的热处理工艺做好组织上的准备;消除工件内部残余的内应力,以防工件内应力过大而开裂或变形;降低工件的硬度,提高其塑性,以便于以后的冷变形加工和切削加工。在热处理退火过程中,退火温度是一个重要的工艺参数,在退火前应根据材料的不同认真选取。

3. 什么是钢的正火?

将钢件加热到适当温度(亚共析钢, Ac_3 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; 过共析钢, Ac_{cm} 以上),保温一定时间,然后在空气中冷却的热处理工艺称为正火。钢经过正火后可以获得珠光体类组织。钢正火加热温度与时间曲线如图 1-4 所示,加热范围如图 1-5 所示。

4. 正火的目的是什么?

正火的目的:

(1)降低钢件硬度,以利于随后的机械加工。经适当的退火或正火处理后,一般钢件的硬度在 $HB160\sim HB230$ 之间,这个硬度