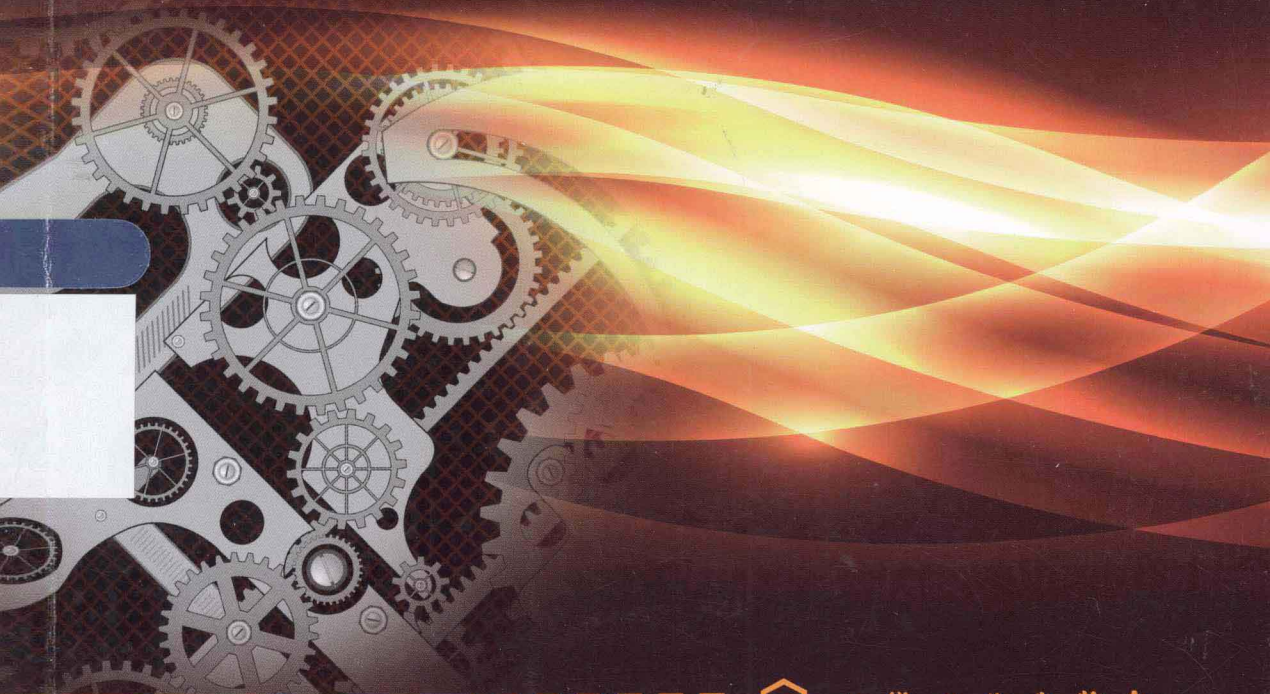


零件整体热处理 与典型实例

LINGJIAN
ZHENGTI RECHULI
YU DIANXING SHILI

王忠诚 编著

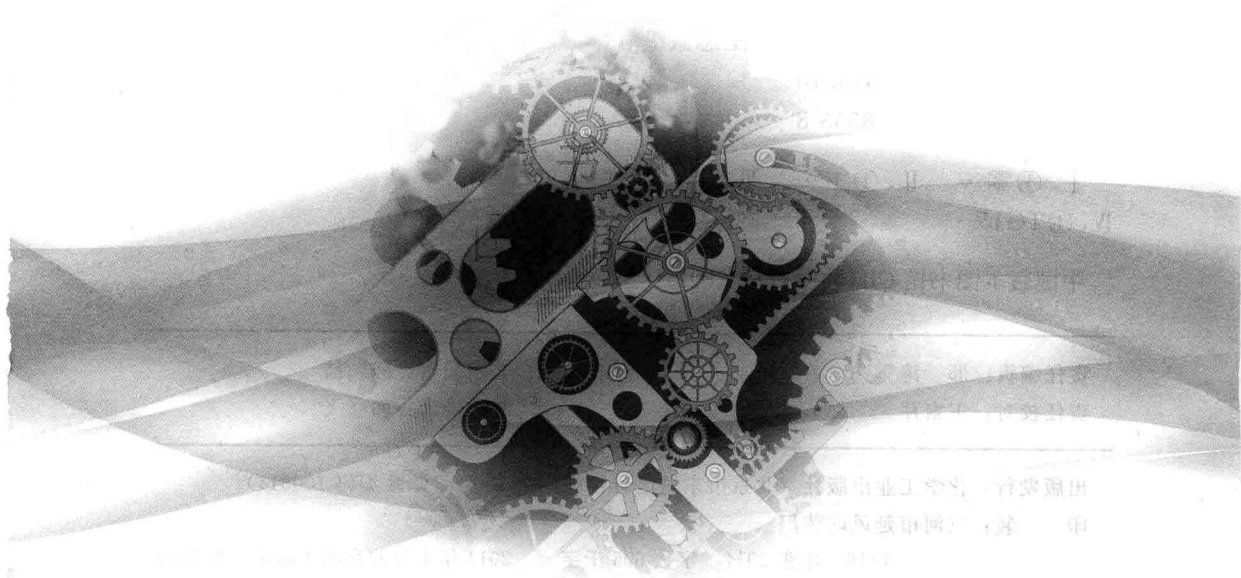


化学工业出版社

零件整体热处理 与典型实例

LINGJIAN ZHENGTI RECHULI
YU DIANXING SHILI

王忠诚 编著



化学工业出版社

本书主要内容包括钢铁热处理基础、齿轮的整体热处理、滚动轴承、弹簧与紧固件的整体热处理、汽车、拖拉机及柴油机零件的整体热处理、金属切削机床零件的整体热处理、大型锻铸件与轧辊的整体热处理、切削刀具与量具的整体热处理、模具的整体热处理、液压元件、轻工与纺织机械零件的整体热处理、农机具、常用五金与木工工具的整体热处理。

本书内容系统而全面,对整体零件的热处理进行了工艺分析,多来源于生产实践的经验,全书编排顺序合理、语言精练、通俗易懂,适用于热处理管理人员与操作者阅读,也可作为大专院校热处理专业与机械设计专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

零件整体热处理与典型实例/王忠诚编著. —北京:

化学工业出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-122-18353-8

I. ①零… II. ①王… III. ①零部件-热处理

IV. ①TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 209414 号

责任编辑: 邢 涛

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 王素芹

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

710mm×1000mm 1/16 印张 29¼ 字数 606 千字 2014 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

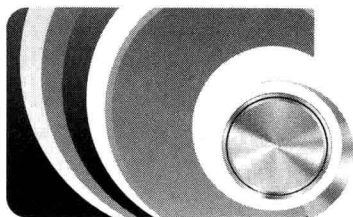
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究



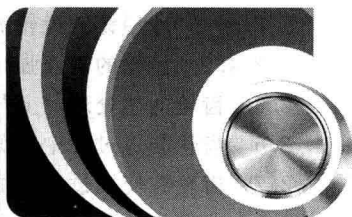
零件的热处理是满足零件工作条件与服役需要的重要方法,从钢铁材料、有色金属、硬质合金等制造的部件,绝大部分需要进行热处理,因此正确学习与了解热处理基础知识与原理,系统掌握热处理工艺方法与应用,并针对具体整体零件提出科学合理的热处理工艺与控制措施,选用热处理设备与加热介质,在冷却介质的选择上考虑零件的性能要求与变形程度,并采取必要的预防措施,是热处理管理人员与操作者必须掌握的基础,更是我国零件热处理质量提高与延长服役条件的关键所在。

本书的编写基于我国热处理行业的实际现状,结合具体典型零件热处理,系统阐述了零件在热处理过程中质量问题,随着科学技术的进步,零件的热处理生产向着机械化、自动化与智能化发展,新技术、新设备、新材料、新工艺、新能源等不断开发应用于热处理,在热处理实践中,要求热处理从业人员要不断提高自身的技术水平与业务技能,为我国热处理行业的发展与进步作出贡献,希望本书能为零件热处理质量的稳定与使用寿命的提高提供有益的帮助。

本书共分 10 章,主要内容包括钢铁热处理基础,齿轮的整体热处理,滚动轴承、弹簧与紧固件的整体热处理,汽车、拖拉机及柴油机零件的整体热处理,金属切削机床零件的整体热处理,大型锻铸件与轧辊的整体热处理,切削刀具与量具的整体热处理,模具的整体热处理,液压元件、轻工与纺织机械零件的整体热处理,农机具、常用五金与木工工具的整体热处理,其中各章节的典型工艺零件实例分析,具有较为重要的参考价值。

在本书的编写过程中,参考了相关的技术资料与图片,在此表示衷心的感谢,因编者水平有限,书中不足之处,请读者批评指正。

王忠诚

**第1章 钢铁热处理基础 1**

1.1 热处理原理	1
1.1.1 钢在加热时的转变	1
1.1.2 钢的过冷奥氏体的转变	4
1.2 热处理工艺与特点	7
1.2.1 钢的预备热处理	7
1.2.2 钢的淬火与回火	12
1.2.3 钢的冷处理与时效处理	20
1.2.4 整体热处理的特点与要求	21
1.3 表面改性热处理	24
1.3.1 渗碳与碳氮共渗	24
1.3.2 渗氮与氮碳共渗	31
1.3.3 钢的表面淬火技术	48
1.4 零件的表面清理与校直设备	54
1.4.1 清洗设备	54
1.4.2 清理及强化设备	54
1.4.3 校直(或校正)方法与设备	60
参考文献	65

第2章 齿轮的整体热处理 66

2.1 齿轮的服役条件、失效形式与性能要求	66
2.2 齿轮用钢与技术要求	68
2.3 齿轮的预备热处理	70
2.4 齿轮的最终热处理	71
2.4.1 齿轮的调质热处理工艺	71
2.4.2 齿轮的渗氮、低温氮碳共渗、渗碳等热处理工艺	73
2.4.3 齿轮的火焰淬火、高频淬火和整体加热	81

2.4.4 球墨铸铁齿轮的热处理	85
2.4.5 齿轮的表面强化处理	85
2.5 齿轮的热处理畸变与控制	87
2.6 齿轮制造过程中常见缺陷及其原因分析	92
2.7 齿轮在使用过程中的损坏形式与特征	92
2.8 典型齿轮的热处理实例分析	95
2.8.1 车床变速器拨叉齿轮的热处理	95
2.8.2 汽车变速箱齿轮的热处理	96
2.8.3 工程机械齿轮(D85 推土机变速箱齿轮)的热 处理	98
2.8.4 工业缝纫机螺旋锥齿轮的热处理	100
参考文献	101

第3章 滚动轴承、弹簧与紧固件的整体热处理

102

3.1 滚动轴承的热处理	102
3.1.1 滚动轴承零件的服役条件、失效形式与性能 要求	104
3.1.2 滚动轴承材料	105
3.1.3 铬钢轴承的热处理	107
3.1.4 中碳合金钢轴承零件的热处理	119
3.1.5 特殊用途轴承零件的热处理(不锈钢轴承钢与耐热 轴承钢)	119
3.1.6 其他轴承零件的热处理	121
3.1.7 特大型轴承零件的热处理实例分析	124
3.2 弹簧的热处理	127
3.2.1 弹簧的服役条件、失效形式与性能要求	127
3.2.2 弹簧用材与热处理	129
3.2.3 弹簧的热处理	132
3.2.4 弹簧的稳定化处理	137
3.2.5 耐蚀耐热弹簧的热处理	137
3.2.6 弹簧淬火和回火时的常见缺陷与防止措施	138
3.2.7 典型弹簧的热处理实例分析	139
3.3 紧固件的热处理	153
3.3.1 螺纹紧固件的热处理	153
3.3.2 垫圈、挡圈、销和铆钉的热处理	159
3.3.3 典型紧固件的热处理实例分析	161
参考文献	172

第4章 汽车、拖拉机及柴油机零件的整体热处理 173

4.1 活塞环与活塞销的热处理	173
4.1.1 活塞环的热处理	173
4.1.2 活塞销的热处理	177
4.2 连杆的热处理	180
4.3 曲轴的热处理	183
4.4 凸轮轴与半轴的热处理	191
4.4.1 凸轮轴	191
4.4.2 汽车半轴的热处理	197
4.5 气门挺杆和排气阀的热处理	203
4.5.1 气门挺杆的热处理	203
4.5.2 气门的热处理	210
4.6 喷油泵零件和履带板的热处理	221
4.6.1 喷油泵零件的热处理	221
4.6.2 履带板的热处理	226
参考文献	227

第5章 金属切削机床零件的整体热处理 229

5.1 机床导轨的热处理	229
5.2 机床主轴的热处理	232
5.3 丝杠的热处理	234
5.4 机床铸件的热稳定化处理	235
5.5 其他机床零件的热处理	237
5.5.1 镗杆的热处理	237
5.5.2 机床附件的热处理	239
5.5.3 机床弹簧夹头的热处理	241
5.6 典型金属切削机床零件的热处理实例分析	243
5.6.1 卧式多轴自动车床送料夹头的热处理	243
5.6.2 精密机床花键轴的热处理	245
5.6.3 数控车床床身镶钢导轨的热处理	246
参考文献	247

第6章 大型锻铸件与轧辊的整体热处理 249

6.1 大型锻件及其预备的热处理	249
6.2 大型锻件的最终热处理	254
6.3 热轧工作辊的热处理	263

6.4 冷轧工作辊的热处理	266
6.4.1 工作条件与性能要求	266
6.4.2 材料的选用	267
6.4.3 热处理工艺	267
6.4.4 热处理工艺分析与实施要点	274
6.5 大型铸件的热处理	275
6.6 支撑辊的热处理	278
6.7 典型大型锻铸件与轧辊的热处理实例分析	284
6.7.1 9Cr2Mo 钢 $\phi 660\text{mm}$ 冷轧工作辊的热处理	284
6.7.2 汽轮机叶轮的热处理	288
参考文献	291

第 7 章 切削刀具与量具的整体热处理

292

7.1 切削刀具服役条件、失效形式与用钢选择	292
7.2 工具钢的热处理	294
7.2.1 碳素工具钢的热处理	295
7.2.2 低合金工具钢的热处理	296
7.2.3 高速钢的热处理	296
7.3 量具用钢及要求	299
7.4 量具的热处理	300
7.5 典型刀具与量具的热处理实例分析	301
7.5.1 丝锥的热处理	301
7.5.2 搓丝板的热处理	306
7.5.3 滚刀与锯片铣刀的热处理	309
7.5.4 拉刀的热处理	314
7.5.5 车刀的热处理	319
7.5.6 游标卡尺尺身等的热处理	323
7.5.7 工字卡规的热处理	326
7.5.8 块规的热处理	328
参考文献	330

第 8 章 模具的整体热处理

331

8.1 概述	331
8.1.1 模具的性能要求	331
8.1.2 模具用钢的选择	333
8.2 冷作模具的热处理	334
8.2.1 冷作模具的热处理基本要求	334
8.2.2 冷作模具钢选用的原则与常用材料的选择	335

8.2.3	冷作模具的主要热处理工艺	338
8.2.4	冷作模具钢的热处理	339
8.3	热作模具的热处理	352
8.3.1	热作模具的热处理基本要求	352
8.3.2	热作模具钢选用的原则与常用材料的选择	354
8.3.3	热作模具的主要热处理工艺	355
8.3.4	热作模具钢的热处理	359
8.4	塑料模具的热处理	370
8.5	模具热处理变形与控制	374
8.5.1	模具热处理变形的原因分析	374
8.5.2	模具热处理变形的控制	377
8.6	典型模具的热处理实例分析	381
8.6.1	电机硅钢片冷冲孔冲裁模的热处理	381
8.6.2	热冲裁模具的热处理	385
8.6.3	3Cr2W8V 钢 6in 活扳手热锻模的热处理	387
8.6.4	汽车连杆锻模的热处理	388
8.6.5	气门热锻模的热处理	390
8.6.6	热挤压凸模的热处理	394
8.6.7	5CrNiMnMoVSCa (5NiSCa) 钢制造精密密封橡 胶模和精密热塑性塑料模的热处理	395
	参考文献	396

第9章 液压元件、轻工与纺织机械零件 的整体热处理

398

9.1	液压元件的热处理	398
9.1.1	叶片泵零件的热处理	398
9.1.2	齿轮泵零件的热处理	403
9.1.3	柱塞泵零件的热处理	405
9.2	自行车零件的热处理	407
9.2.1	自行车中轴的热处理	408
9.2.2	轴碗与轴挡类零件的热处理	409
9.2.3	自行车飞轮的热处理	412
9.3	轻纺零件的热处理	413
9.3.1	纺织机针布的热处理	413
9.3.2	纺机罗拉的热处理	415
9.3.3	钢领的热处理	417
9.4	典型液压、轻工与纺织机械零件的热处理实例分析	419
9.4.1	液压阀零件的热处理	419

9.4.2 自行车链条类零件的热处理	421
9.4.3 铤杆的热处理	423
9.4.4 针筒的热处理	426
参考文献	428

第 10 章 农机具、常用五金与木工工具 的整体热处理

429

10.1 农机具的热处理	429
10.1.1 犁铧与犁壁的热处理	429
10.1.2 粉碎机锤片与筛片的热处理	432
10.2 五金工具的热处理	436
10.2.1 锯条的热处理	436
10.2.2 活扳手与锤头的热处理	442
10.3 木工工具的热处理	444
10.4 典型农机具五金与木工工具零件的热处理实例 分析	446
10.4.1 圆盘与旋耕刀的热处理	446
10.4.2 收割机刀片的热处理	449
10.4.3 木工刨刀的热处理	451
10.4.4 锉刀的热处理	453
参考文献	456

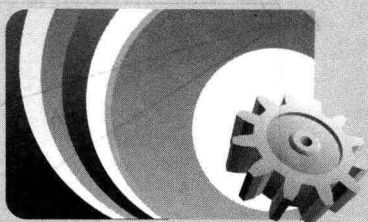




零件整体热处理与典型实例

LINGJIAN
ZHENGTI RECHULI YU DIANXING SHILI

·第1章·



钢铁热处理基础

1.1 热处理原理

热处理是指将固态金属材料以一定的速度加热到要求的温度，在此保温一定的时间，用以获得奥氏体组织和成分的均匀化，并实现晶粒的长大，随后进行冷却的过程。热处理的主要目的是赋予钢铁材料或其他材料一定的性能，使之能够满足零件使用过程和工作环境的性能要求。热处理不仅能改善钢铁材料的加工工艺性能和使用性能，充分发挥材料的潜力，更重要的是能显著提高钢铁零件的力学性能、产品质量并延长零件的使用寿命。热处理之所以使钢铁的性能发生改变，是金属的原子结构即铁本身具有同素异构转变，钢铁材料在加热和冷却过程中，即通过热处理的方法改变了其内部的组织和结构，因而获得所期望和要求的组织和性能。探讨加热和冷却时金属材料内部组织变化规律即为热处理原理。

1.1.1 钢在加热时的转变

将钢加热到超过临界点 (A_{c1} 或 A_{c3}) 以上 (见图 1-1)，并保温一定时间，使钢全部转变为奥氏体，根据技术要求以不同方式进行冷却转变，可获得不同的组织和性能。奥氏体成分的均匀化是钢的组织转变的基本条件，奥氏体在高温状态下的组织中晶粒的大小、成分及其均匀化程度，对钢冷却后的组织和性能影响很大。了解钢在加热时组织转变规律，对于指导钢的热处理具有重要作用。

从铁碳平衡相图可知，将钢加热到 A_{c1} 或 A_{c3} 温度以上，获得全部或部分奥氏体，称为奥氏体化，这是钢加热时所需要的组织。下面以共析钢为例来说明钢的奥氏体化过程即奥氏体的形核和长大、残余渗碳体的溶解和奥氏体成分的均匀化。

将共析钢加热到 A_{c1} 以上，钢中的珠光体将转变为奥氏体，这一转变过程遵循金属结晶过程的基本规律，即通过形核和晶核长大的过程进行。奥氏体晶粒具体转变过程如图 1-2 所示，可以看到奥氏体的形成过程实质上是一重结晶的过程，完全符合生核和长大的基本规律，其原子移动是在固态下进行的，故需更多

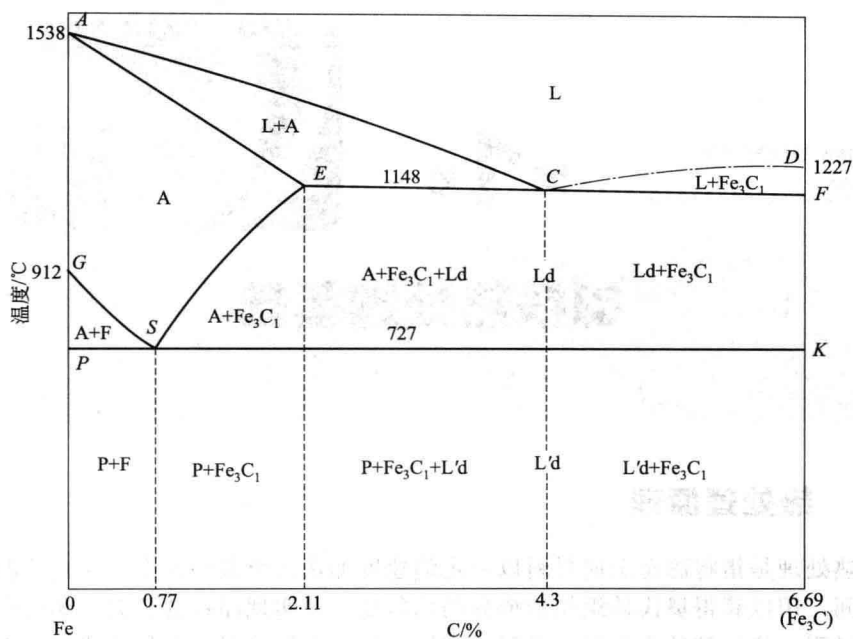


图 1-1 Fe-Fe₃C 平衡相图

的能量和时间。奥氏体为碳溶入 γ -Fe 中的固溶体，是面心立方晶格，为多边等轴晶粒。奥氏体的形成过程可以描述为 A 形核、A 长大、残余 Fe₃C 溶解、A 均匀化四个步骤。

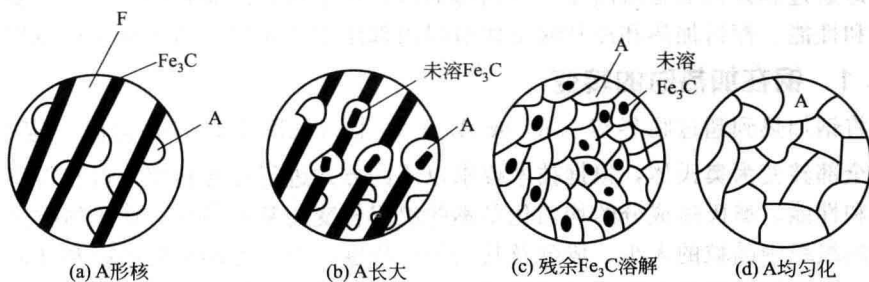


图 1-2 共析钢中奥氏体形成过程示意图

1. 1. 1. 1 奥氏体的形成过程

(1) 奥氏体晶核的形成 奥氏体的晶核最易在组成珠光体的铁素体和渗碳体相界面处优先形成，原因在于此相界面原子排列不规则、成分不均匀、处于不稳定状态，加上浓度起伏、原子能量起伏和结构起伏等因素，造成此处扩散速度快，为奥氏体形核提供了成分、结构和能量等有利的条件。加上过冷度越大则界面处晶核形成数量越多，晶核与铁素体和渗碳体相连，与奥氏体相邻的铁素体中的铁原子通过扩散运动，转移到奥氏体晶核上来，晶核两侧的铁素体和渗碳体逐

渐变成为奥氏体。

(2) 奥氏体的长大 在晶界处的晶核形成了两个新的相界面, 相邻的铁素体和渗碳体之间存在碳的浓度差, 碳原子进行扩散和铁原子的位移, 使奥氏体的晶核逐渐向铁素体和渗碳体两个方向长大, 其长大过程是两个新界面向铁素体和渗碳体方向推移的结果。其规律为长大是不连续的, 新的晶核出现并长大, 铁素体完成转变后, 与奥氏体相邻的渗碳体通过分解, 不断溶入生成的奥氏体中, 使奥氏体逐渐长大, 直到全部珠光体转变结束为止。

(3) 残余渗碳体的溶解 考虑到渗碳体晶体结构含碳量与奥氏体存在很大的差异, 因此渗碳体向奥氏体的溶解明显落后于铁素体向奥氏体的转变, 渗碳体的转变速度比铁素体慢, 在铁素体全部消失后, 仍然有部分残余渗碳体尚未溶解。因此奥氏体中仍存在残余渗碳体, 需经过一段时间才能溶解完毕。

(4) 奥氏体成分的均匀化 残余渗碳体在奥氏体中溶解后, 奥氏体的成分是不均匀的, 即原渗碳体和原铁素体的碳浓度差异很大, 继续升高温度或延长保温时间, 通过碳原子的扩散, 才能使奥氏体成分均匀化。因此为获得均匀成分的奥氏体, 热处理加热的保温时间要充分, 以确保钢在冷却后得到均匀的组织 and 获得良好的性能。

热处理加热并保温一定时间, 使零件的内外温度趋于一致, 目的是使组织转变得以充分进行, 使各部分成分均匀化, 以便冷却后获得要求的组织与力学性能。

1.1.1.2 奥氏体的晶粒度

奥氏体晶粒度表示奥氏体晶粒大小, 根据其形成过程与晶粒长大的倾向, 晶粒度可分为三种, 即钢的起始晶粒度、本质晶粒度和实际晶粒度, 它们在实际生产过程中的作用不同, 因此正确认识其特点, 对于合理选择热处理工艺至关重要。

从图 1-3 中可知, 将本质细晶粒度的钢加热到 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$, 在此加热到相变

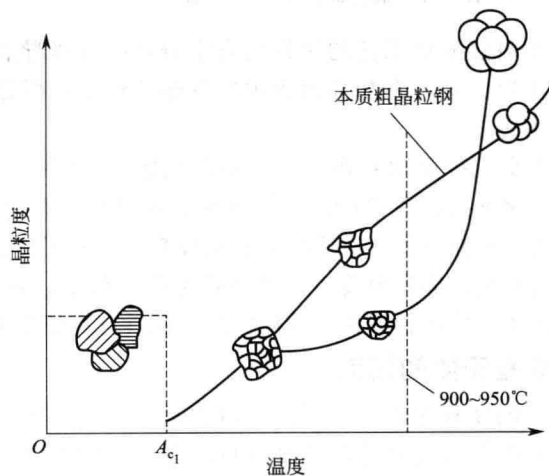


图 1-3 钢的本质晶粒示意图

点以上某一温度并保温一定时间得到的奥氏体的大小称为“晶粒度”。由于钢的成分和加热条件（包括加热速度、保温时间等）不同，可得到大小不等的奥氏体晶粒。奥氏体晶粒共分八级，其中1~3级为粗晶粒，4~6级为中等晶粒，7~8级为细晶粒。具体晶粒度等级如图1-4所示。

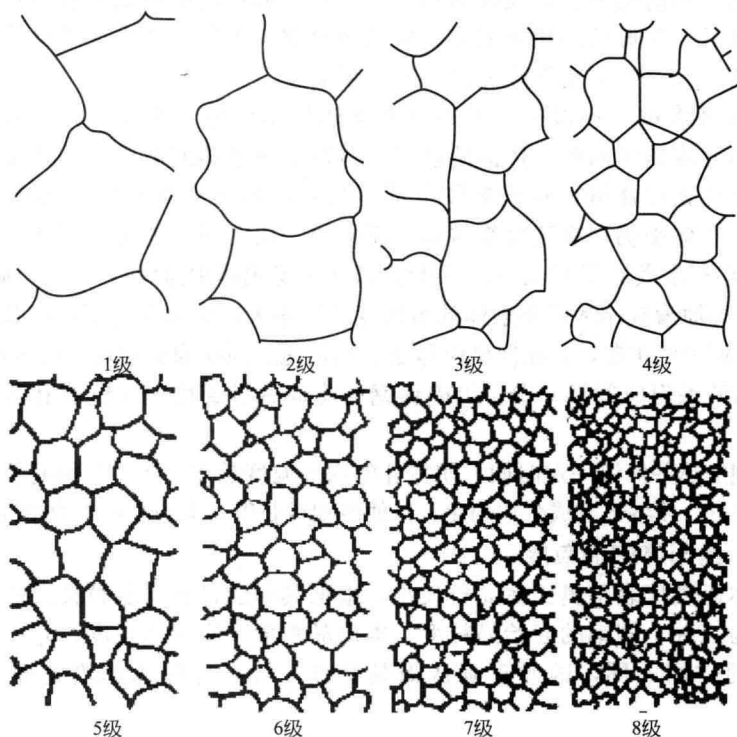


图1-4 钢的标准晶粒度等级 (100×)

钢的本质晶粒度对热处理工艺的制订具有十分重要的指导意义，要认真考虑影响奥氏体晶粒的主要因素，在加热过程中控制加热温度和保温时间，事实上温度的影响比时间更为重要。

钢的晶粒度的大小直接影响到热处理后钢的性能，不同钢种在加热时晶粒长大的倾向也不一样，通常把钢在 920~940℃加热、保温足够时间（3~5h）后测得钢的晶粒大小，称为本质晶粒度。本质晶粒度比较真实反映了奥氏体晶粒长大的倾向，一般用来表示钢的奥氏体晶粒度。在热处理生产过程中，希望得到细的晶粒，这样冷却后组织的转变产物也会细化，因此常温下钢具有良好的力学性能。

1.1.2 钢的过冷奥氏体的转变

将钢加热到一定温度和保温一定时间，目的是为了获得细小而均匀的奥氏体组织，随后选择不同冷却方式和冷却速度进行冷却，以期得到所需要的金相组织和性能，这是零件热处理的主要目的。因此掌握奥氏体在各种冷却速度下的组织转变特征，能有助于选择合适的冷却介质和方法。根据冷却方法的不同，奥氏体

冷却时的转变分为奥氏体的等温冷却转变和连续冷却转变。

所谓奥氏体等温冷却转变是指将过冷奥氏体冷却到 A_{c1} 以下某一温度并保持一定时间，在等温过程中完成组织的转变；而奥氏体连续冷却转变是钢在连续冷却条件下组织的转变。在实际生产中奥氏体的转变绝大多数是在连续冷却过程中进行的，因此利用 C 曲线来研究钢的连续冷却转变特点，是进行零件热处理的基础和根本，要认真对待和正确分析，并选择合理的冷却方式。

1.1.2.1 过冷奥氏体的等温转变

将钢加热到奥氏体状态，保温后冷却发生相变，其相变产物随过冷度的不同而存在差别。奥氏体过冷到 A_{r1} 以下某一温度，并在温度不变的条件下进行等温转变。如改变等温转变的温度，就可得到不同的组织，如图 1-5 所示。

过冷奥氏体的等温转变图是表示等温转变的温度、时间和转变产物（开始和结束）三者之间的关系图，其曲线形状与字母 C 相似，故叫做“C 曲线”或 TTT 曲线，称为奥氏体等温转变曲线。奥氏体实际上是在过冷度从几摄氏度到几百摄氏度（ $A_1 \sim M_z$ ）的温度范围区间完成转变的，随着过冷度的增加，转变产物也就不同，根据转变温度的不同，转变产物分为三个基本类型。这里以共析钢为例加以说明，图中纵坐标表示温度，横坐标表示时间，I 和 II 分别表示奥氏体转变的起始线和终止线， A_1 为下临界点温度， M_s 、 M_f 分别为马氏体开始转变和终止转变温度。

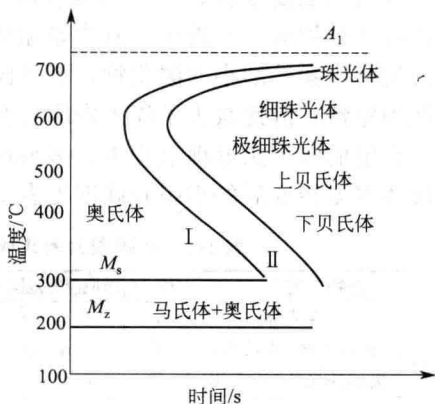


图 1-5 奥氏体的等温转变 C 曲线

(1) 高温转变产物——珠光体型转变组织 珠光体是高温转变的产物，其本身为扩散转变，奥氏体向珠光体转变也是一个生核与晶核长大的过程，由于转变温度较高，转变过程是由铁原子和碳原子的同时扩散来完成的。过冷奥氏体在 C 曲线鼻尖以上温度区域转变时，奥氏体分别由曲线 I 开始到曲线 II 结束，形成铁素体和珠光体的混合物，随着过冷度的不同奥氏体完全转变为铁素体和渗碳体片彼此相间的珠光体组织。

因此过冷度的不同，造成铁素体和渗碳体片层的厚度不同，转变温度较高则铁、碳原子的扩散进行的比较充分，此时原子移动较远的距离，奥氏体分解为成分、结构相差很大的渗碳体和铁素体而形成珠光体型组织，铁素体和渗碳体片层较厚，反之则薄。即当过冷度很小（ $A_{r1} \sim 650^\circ\text{C}$ ）时，得到片层较粗的珠光体组织；当过冷度大一些（ $650 \sim 550^\circ\text{C}$ ）时，得到片层细的珠光体组织。即自 $723 \sim 550^\circ\text{C}$ 分别等温则转变产物依次为粗片珠光体、细片珠光体（索氏体）和极细珠光体组织（托氏体），由此可见钢在 C 曲线鼻尖以上温度停留一段时间，得到的组织硬度低。实际上珠光体、索氏体和托氏体三者之间无本质的区别，形成的温

度也无明显界限, 仅仅在于片层的厚度不同而已。从转变的特点来看, 转变温度越低, 片层越薄, 相界面就越多, 硬度增加。

(2) 中温转变产物——贝氏体型转变组织 在 C 曲线中部即在 550~230℃ 之间, 铁原子已失去了扩散能力, 只有碳原子进行短距离的扩散, 此阶段奥氏体发生另一种转变——贝氏体转变。贝氏体为铁素体和碳化物的机械混合物, 贝氏体具有良好的综合力学性能, 根据形态分为上贝氏体和下贝氏体, 当温度在 550~350℃ 时, 等温转变产物为呈羽毛状的上贝氏体, 其特征为铁素体形成密集而相互平行的片, 渗碳体呈极细小的短片断断续续地分布在铁素体片层之间, 该组织强度较低、塑性和韧性较差; 在 350~230℃ 范围时, 形成黑色针状或竹叶状结构的下贝氏体, 其中铁素体为针状, 碳只在 α -Fe 中扩散, 在铁素体中沉淀析出颗粒细小的碳化物。下贝氏体具有较高的强度和硬度, 同时有良好的韧性和塑性, 因此减少了淬火内应力及变形, 开裂倾向小, 还改善了钢的力学性能, 在钢的实际热处理过程中, 多采用等温淬火方法来获得下贝氏体。共析碳钢奥氏体等温转变后的组织和硬度见表 1-1。

表 1-1 共析碳钢奥氏体等温转变后的组织和硬度^[1]

产物名称		代号	形成温度范围/℃	组织特征	硬度(HRC)	备注
珠光 体型	珠光体	P	$A_{r1} \sim 670$	粗片层状	<24	各组织的形成温度没有严格的界限
	细珠光体(索氏体)	S	670~600	细片层状	24~32	
	极细珠光体(托氏体)	T	600~550	极细片层状	32~40	
贝氏 体型	上贝氏体	B _上	550~350	羽毛状	40~45	
	下贝氏体	B _下	350~230 (M_s)	针状(或竹叶状)	45~55	
马氏体		M	$M_s \sim M_z$ (230~-50)	针状	60~65	

(3) 低温转变产物——马氏体 马氏体是奥氏体在 M_s 点 (230℃ 左右) 温度以下的组织转变产物, 由于过冷度大, 奥氏体转变为马氏体并保留一部分残余奥氏体组织。等温温度越低则组织中的马氏体数量和硬度越高, 直到冷至 M_s 以下, 马氏体转变基本完成。

对钢进行快速冷却的目的是获得马氏体组织, 实现钢的强化来获得需要的组织和使用要求。马氏体转变过程具有以下特点: 马氏体转变属于无扩散转变, 保持了奥氏体的含碳量; 马氏体的转变是在某一温度下进行的, 即有一个起始温度; 有部分残余奥氏体的存在, 将发生零件体积的膨胀。

钢中含碳量不同, 则转变产物存在差异。马氏体组织有两种状态, 呈针状或板条状, 表 1-2 列出了两种类型马氏体组织的性能, 供参考。

表 1-2 针状和板条状马氏体组织力学性能的比较

组织特征	R_m /MPa	R_{eL} /MPa	A/%	Z/%	a_k /(J/cm ²)	硬度(HRC)
板条 M	1000~1500	80~130	9~17	40~65	60~80	30~50
针状 M	2300	200	1	30	10	65

1.1.2.2 奥氏体在连续冷却时的转变

在实际生产过程中对钢的热处理,可选择不同的冷却方式进行连续冷却,把钢的各种不同冷却速度 v 表示在 C 曲线上,如图 1-6 所示。

过冷奥氏体向珠光体转变温度不同,原子的扩散能力存在差别,温度升高则易于原子的扩散,形成铁素体和渗碳体片。

从图 1-6 中可以看出冷却速度不同,得到的组织不同,按 $v_1 \sim v_3$ 速度冷却后则得到珠光体组织,按 v_4 冷却后则得到珠光体+马氏体组织,按 v_5

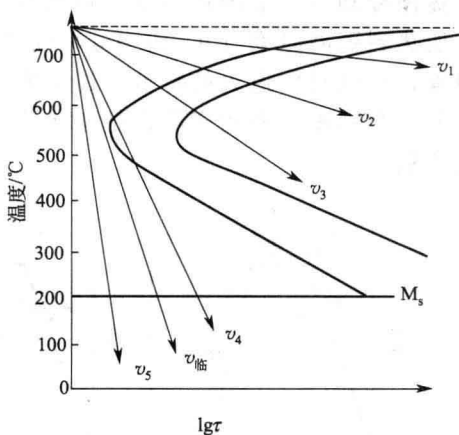


图 1-6 奥氏体连续冷却转变曲线

速度冷却后则得到马氏体组织。人们把奥氏体全部转变为马氏体所需的最小冷却速度称为临界冷却速度,即与图中 C 曲线“鼻尖”相切的速度。

1.2 热处理工艺与特点

热处理工艺是指将钢通过加热、保温和冷却等过程来改变钢的内部组织结构,以满足工件加工和使用要求的加工方法。热处理工艺的制订应依据钢的相图和等温冷却曲线,因此钢在加热和冷却过程中的组织转变规律是制订热处理工艺参数的重要依据。

根据零件的热处理技术要求不同,其热处理的方法有很大差异,但热处理的目的就是获得需要的组织结构和性能,下面分别加以介绍。

1.2.1 钢的预备热处理

预备热处理是指经过冶炼、铸造、锻造、轧制、冲压和挤压等工艺手段生产的钢材或毛坯及半成品等,为了改善其力学性能和后续加工工艺而实施室温热处理技术。

预备热处理的作用包括消除上道工序的缺陷(如均匀化退火可以消除铸造偏析、去应力退火可以消除锻造后应力、去氢退火可以消除大件的氢脆等)、为下道工序作准备(如完全退火降低中碳钢硬度、正火提高低碳钢硬度,便于机械加工)以及为最终热处理作组织准备(如调质处理)。

钢的正火与退火主要用于处理工件毛坯,为以后切削加工及最终热处理作准备,故正火与退火通常称为预备热处理。对一般铸件及性能要求不高的工件,正火与退火可作为最终热处理。可见,预备热处理的目的是改善加工性能、消除内应力和为最终热处理准备良好的金相组织。

1.2.1.1 钢的退火与正火

退火是指将钢加热到一定温度(A_{c3} 或 A_{c1})以上,并保温一定时间,随