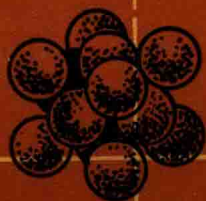


热处理基本知识

吉林工业大学金相教研室编



机械工业出版社

热 处 理 基 本 知 识

吉林工业大学金相教研室 编



机 械 工 业 出 版 社

本书内容包括金属材料的基本知识、铁碳合金、热处理原理、热处理工艺、表面热处理、结构钢的热处理、工具钢的热处理、铸铁和有色金属材料的热处理等，是热处理技术工人必须掌握的基本知识。书中还扼要地说明了各种工艺操作方法；介绍了生产中保证产品质量的常用检验方法。

本书可作为培训热处理技术工人的教材，也可作为热处理工人及有关人员的自学读物和工作中的参考书。

热 处 理 基 本 知 识

吉林工业大学金相教研室 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)

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本787×1092 1/32·印张13·字数285千字

1982年2月北京第一版·1982年2月北京第一次印刷

印数 00,001—30,000 定价1.05元

统一书号：15033·4777

前 言

为了普及热处理知识，满足广大热处理工人学习技术和提高技术水平的迫切需要，我们受第一机械工业部科技局和一机系统热处理行业组的委托，编写了热处理工人培训教材《热处理基本知识》一书。

本书以热处理工艺为主，编写时尽可能考虑到内容的连贯性、系统性。全书共八章，内容可分为三部分：第一部分介绍金属材料的基础知识，从零件的损坏形式讲起，重点讨论金属材料的性能与成分、组织结构之间的关系；第二部分介绍钢的热处理原理和工艺；第三部分结合我国的实际情况，介绍常用的金属材料及其热处理。为了使青年工人掌握生产上的操作技术，在系统地讲述基础知识的基础上，尽可能地介绍一些金属材料及热处理的操作技能。如金属组织结构的检验方法，金属机械性能试验，钢的火花鉴别，工具热处理实际操作等。还分析了热处理常见的缺陷及预防方法。书中也适当地介绍了国内外的新工艺、新技术。

使用本书作教材时，可把课堂讲授和现场教学结合起来。基本概念、基本知识应以课堂讲授为主，而实践性很强的内容，如金相分析、火花鉴别、盐炉的脱氧操作等，可利用生产现场或实验室进行教学。有些内容(如第六、七、八章中部分内容)可以不讲，让学生自学。

本书由陈永潭、陈治娟两同志执笔编写。在编写过程中，本书的“编写大纲”和“初稿”由吉林工业大学金相教

IV

研究室的一些同志审阅，并邀请长春市社会主义技术协作攻关队及有关工厂的同志进行了会审。编写中收到各地寄来的资料、图片，得到各地的大力支持和帮助。本书还参考了许多工厂和兄弟院校的有关资料。书中大部分金相图片由宋义、吴秀珍同志提供。借此，谨向在编写过程中给予我们帮助的单位 and 同志们表示谢意。

由于水平所限，经验不足，本书难免存在缺点和错误，希望读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第 一 章 金属材料基本知识	1
第一节 机械零件常见的损坏形式	1
第二节 金属的晶体结构	3
一、金属及其晶体性	3
二、金属的晶体结构	4
三、实际金属的晶体结构	7
第三节 金属的结晶	10
一、结晶的概念	10
二、影响金属结晶后晶粒大小的主要因素	12
第四节 金属组织结构的检验方法	13
一、宏观分析法	13
二、显微分析法	16
三、电子显微镜技术和X射线显微分析	17
四、钢的无损检验	18
第五节 金属的变形	21
一、应力与应变的一般概念	21
二、拉伸曲线	22
三、金属变形的本质	24
四、塑性变形对金属组织性能的影响	26
第六节 金属机械性能	27
一、刚度与弹性	28
二、强度	29
三、塑性	30

V.

四、金属的硬度	31
五、在冲击载荷作用下金属材料的机械性能	38
六、金属的疲劳	41
第 二 章 铁 碳 合 金	42
第一节 纯铁的性质与同素异构转变	42
第二节 铁碳合金的组织结构与性能	44
一、固溶体——铁素体与奥氏体	45
二、化合物——渗碳体	48
三、机械混合物——珠光体	48
第三节 铁碳合金状态图	50
一、状态图的基本概念	50
二、Fe—Fe ₃ C状态图的分析	53
三、典型铁碳合金结晶过程的分析	56
四、含碳量对钢组织性能的影响	64
第四节 钢的分类和编号	65
一、钢的分类	65
二、钢的编号	67
第五节 钢的火花鉴别	69
一、火花的形成原理及试验方法	70
二、火花特征的基本知识	71
三、常用钢的火花图例	75
第 三 章 钢 的 热 处 理 原 理	82
第一节 热处理的定义和分类	82
第二节 钢在加热时的转变	84
一、研究钢在加热时组织转变的意义	84
二、共析钢在加热时奥氏体的形成过程	85
三、奥氏体晶粒的长大	87
第三节 钢在冷却时的转变	91
一、过冷奥氏体的等温转变	92

二、过冷奥氏体向马氏体的转变·····	101
三、钢在连续冷却时的转变·····	106
第四节 钢在回火时的转变·····	110
一、钢在回火时的组织变化·····	110
二、钢在回火后的组织及性能·····	112
第四章 热处理的基本方法·····	114
第一节 退火与正火·····	114
一、目的·····	114
二、退火·····	114
三、正火·····	123
第二节 淬火与回火·····	125
一、淬火的目​​的·····	125
二、淬火工艺·····	125
三、淬硬性​​与淬透性·····	140
四、钢的回火·····	145
五、冷处理·····	151
第三节 热处理过程中常见的缺陷·····	152
一、变形与开裂·····	152
二、氧化与脱碳·····	156
三、过热与过烧·····	158
四、硬度不足·····	159
五、软点·····	159
第五章 钢的表面热处理·····	160
第一节 表面淬火·····	160
一、火焰加热表面淬火法·····	160
二、感应加热表面淬火法·····	163
第二节 化学热处理·····	170
一、化学热处理的原理·····	170
二、钢的渗碳·····	172

三、钢的渗氮	182
四、碳氮共渗	195
五、其它方法	199
第六章 合金钢的热处理	202
第一节 合金元素在钢中的作用	202
一、合金元素与铁和碳的相互作用	203
二、合金元素对Fe—Fe ₃ C状态图的影响	204
三、合金元素对热处理的影响	207
第二节 结构钢及其热处理	211
一、结构钢的分类	211
二、渗碳钢及其热处理	212
三、调质钢及其热处理	226
四、弹簧钢及其热处理	239
五、轴承钢及其热处理	248
第三节 工具钢及其热处理	252
一、刀具钢及其热处理	252
二、模具钢及其热处理	292
三、量具钢及其热处理	313
四、工具热处理实际操作	317
第四节 特殊性能钢及其热处理	325
一、不锈钢及其热处理	325
二、耐热钢及其热处理	336
三、耐磨钢	343
第七章 铸铁的热处理	345
第一节 铸铁概论	345
一、铸铁的特点及分类	345
二、铸铁的组织与性能	346
三、铸铁的石墨化及其影响因素	348
四、铸铁热处理的特点	351

第二节 灰口铸铁的热处理	352
一、消除内应力退火	355
二、降低硬度的退火	356
三、正火	356
四、电接触加热自冷表面淬火	357
第三节 可锻铸铁的热处理	358
第四节 球墨铸铁的热处理	362
一、退火	363
二、正火	364
三、球墨铸铁的等温淬火	365
四、球墨铸铁的调质处理	365
五、球墨铸铁的表面淬火	366
六、球墨铸铁的化学热处理	367
第八章 有色金属及其合金的热处理	369
第一节 铝及铝合金的热处理	369
一、纯铝	369
二、铝合金的分类及热处理强化原理	370
三、变形铝合金的热处理	378
四、铸造铝合金的热处理	380
第二节 铜及铜合金的热处理	385
一、纯铜	385
二、铜合金的分类和编号	387
三、黄铜	388
四、青铜	389
五、铜合金的热处理	391
附录	395
附表 1 布氏、洛氏、维氏硬度值换算表	395
附表 2 常用钢的临界点、淬火及回火温度(参考)	397
附表 3 硬度与强度对照表	401

X

附表 4	各种钢材在水、油 介质中冷却时对应 相同硬度的棒料 直径.....	403
附表 5	热处理工艺的代号及技术条件的表示 方法(GC423-62).....	406

第一章 金属材料基本知识

金属材料在工农业生产中占有极其重要的地位。它不仅广泛地应用于农业机械、国防工业、机械制造、交通运输等国民经济各重要部门，而且在人们日常生活中也得到广泛的应用。

现代生产和使用的金属材料种类很多，为了合理地使用金属材料，充分发挥金属材料本身的性能潜力，以达到提高产品质量，节省金属材料，多快好省地建设社会主义的目的，了解金属材料的使用性能(如：机械性能、物理性能和化学性能等)和工艺性能(如：铸造性、锻造性能、焊接性能、切削加工性和热处理性能等)是十分必要的。

金属材料的性能与其成分、组织有关。不同成分、不同组织的金属材料，其性能是不同的。因此，要了解金属材料的性能，首先要了解金属材料的性能与成分、组织之间的关系。

第一节 机械零件常见的损坏形式

机械零件质量的好坏，直接影响机械设备的正常工作。实际工作中往往由于机械零件达不到所要求的性能，造成使用中的早期损坏，严重影响生产，甚至造成人身事故。机械零件在使用中常见的损坏形式有：变形、断裂及磨损等。

变形是指零件在外力作用下，形状和尺寸的变化。变形将使零件失去原有精度或作用，过量的变形还可能导致零件

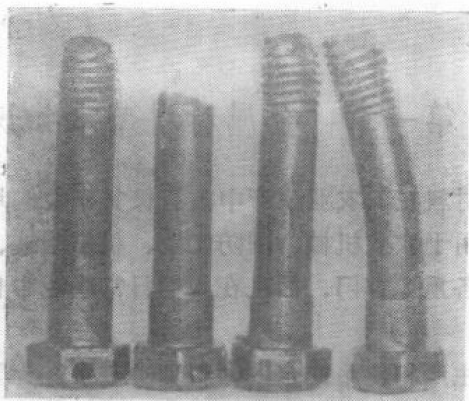


图1-1 螺栓变形及折断(脱碳层深度为0.2毫米)

的损坏。如：图1-1汽车用螺栓的变形及折断。经分析因原材料表面脱碳，加之热处理加热时又进一步脱碳，从而导致螺栓处理后强度降低，造成在使用中出现这种早期损坏。

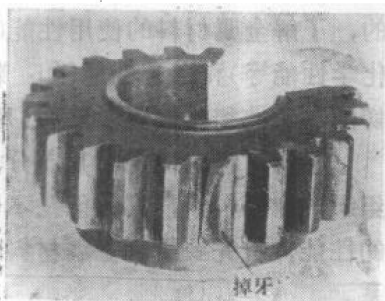


图1-2 变速箱齿轮牙齿折断
(18CrMnTi钢,心部硬度HB170)

断裂是指零件在工作过程中产生的折断现象。如：图1-2变速箱齿轮牙齿折断。因淬火操作不当，心部未得到淬火组织，硬度过低，强度下降，致使齿轮在工作中发生牙齿早期折断。

磨损是指因摩擦而使零件的尺寸减小或表面形状和质量的变化。如：图1-3汽车后桥从动伞齿轮的磨损。其原因是热处理后表面硬度不足，造成在使用中迅速磨损。



图1-3 后桥从动伞齿轮磨损
(30CrMnTi钢, 表面硬度HRC45~52)

机械零件损坏的原因比较复杂。但从以上实例可以看出, 机械零件的性能直接影响其使用寿命, 然而零件的性能与其材料质量和热处理密切相关。因此, 为了合理地使用金属材料, 充分发挥材料本身的性能潜力, 必须了解材料的成分、热处理与性能之间的关系。由于金属材料的性能与其内部结构有关。为了了解金属材料的性能, 还必须从了解金属的内部组织结构开始。

第二节 金属的晶体结构

自然界中的化学元素可以分成两大类: 金属与非金属。通常情况下, 一切固态金属都属于晶体物质。

一、金属及其晶体性

在日常生活中, 常见的金属(如: 铁、铝、铜等)都具有明显的金属特征。其特征是: 具有良好的导电性、导热性, 以及良好的塑性和金属光泽。所以, 一般人很容易把它们与非金属区别开来。

此外，金属材料具有良好的机械性能，优良的铸造性、锻造性、切削加工性和焊接性等一系列工艺性能。所以，金属材料在工业上获得了广泛的应用。

在工业上使用的金属材料大多数都是呈固体状态。所有的固体物质按其结构可分成晶体与非晶体两大类。金属材料及绝大多数的非金属固体物质(如：食盐、云母等)都属于晶体。少数非金属固体物质，如：玻璃、松香等是属于非晶体。区别晶体与非晶体的一个重要特征是晶体的“各向异性”。

“各向异性”是指晶体在各个方向上具有不同的物理、化学或机械性能的现象。这种现象又叫晶体的“有向性”。实验表明：金属晶体(单晶体)的机械性能(如：弹性、强度等)在各个方向上都不相同。例如：铁单晶体的弹性模数 E 沿立

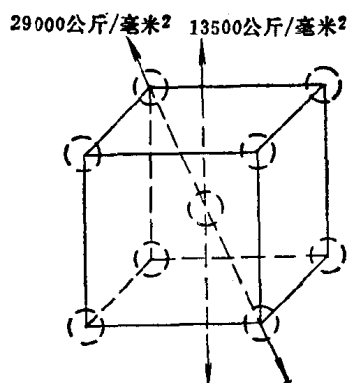


图1-4 铁单晶体在各个方向上弹性模数的示意图

方体对角线方向上是29000公斤/毫米²，而沿其一边的方向上则只有13500公斤/毫米²，如图1-4所示。铜单晶体的强度极限沿立方体的对角线方向上是35公斤/毫米²，而沿其一边的方向上只有14.6公斤/毫米²。

为什么晶体具有各向异性的现象呢？这与晶体的内部结构有关。

二、金属的晶体结构

用X射线分析的方法研究晶体的内部结构，发现晶体内部是由具有规则排列的原子(更恰当些应说是离子)组成的。这是晶体与非晶体的根本区别。非晶体内部的原子是无规则

排列的。

为了便于分析各种晶体中原子排列的规律起见，我们可以用假想的线将各原子的中心联接起来，这样就构成一个空间的格子，如图 1-5 所示。这种用来描述在晶体中原子排

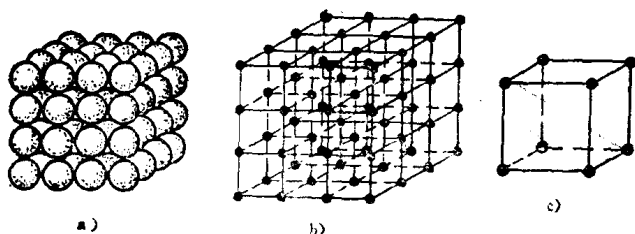


图1-5 简单立方晶格的描述

a) 晶体中原子排列 b) 晶格 c) 晶胞

列形式的空间格子叫做“晶格”。

晶格可认为是一层层的原子堆砌而成的。晶格中各种方位的原子层叫做“晶面”。而晶向也可以认为是一行行的原子组成的。晶格中由原子组成的任一条直线，它代表原子在晶体中排列的方向，这些直线叫做“晶向”。

用晶格来描述晶体结构是很不方便的。为了简便起见，通常是取晶格中一个最基本的单元，即“晶胞”来描述晶体结构，如图 1-5 c 所示。晶胞的各边尺寸用 a 、 b 、 c 来表示，称为“晶格常数”。其大小用埃(A)来量度(1 埃= 10^{-8} 厘米)。

金属的种类虽多，但只有为数不多的几种简单形式的晶格。金属晶体中最常见的晶格类型有三种：

(一)体心立方晶格

它的晶胞是一个立方体，在立方体的每个角上和立方体的中心都有一个原子(图 1-6)。具有这种晶格形式的金属

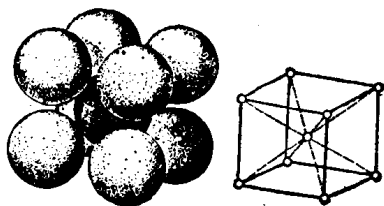


图1-6 体心立方晶胞

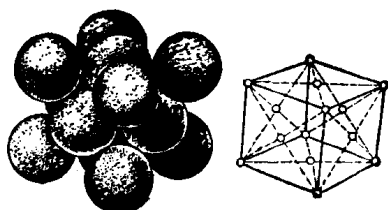


图1-7 面心立方晶胞

有： α -铁、铬、钨、钒、钼等。

(二)面心立方晶格

它的晶胞是一个立方体，在立方体的每个角上和每个面的中心都有一个原子(图1-7)。具有这种晶格形式的金属有： γ -铁、铝、铜、镍等。

(三)密排六方晶格

它的晶胞是一个六方柱体，在六方柱体的每个角上和上下底面的中心都有一个原子。此外，在六方柱体中心还有三个原子(图1-8)。

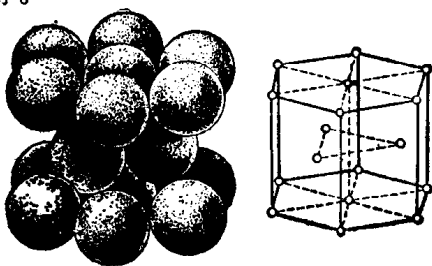


图1-8 密排六方晶胞

这种晶格的晶格常数 c 和 a 的比值(c/a)大致在1.58~1.89之间。具有这种晶格形式的金属有：镁、锌、钛等。

由上所述，可知金属和金属材料的性能与其晶格形式和晶格常数密切相关。

晶体(单晶体)中的“各向异性”，是由于晶体中各晶面和各晶向上原子排列密度不同所引起的。例如：铁晶体的弹性模数 E 在各个方向上之所以不同，是由于铁在室温下是体心立方晶格。这种晶格的原子排列密度，沿其对角线方向上