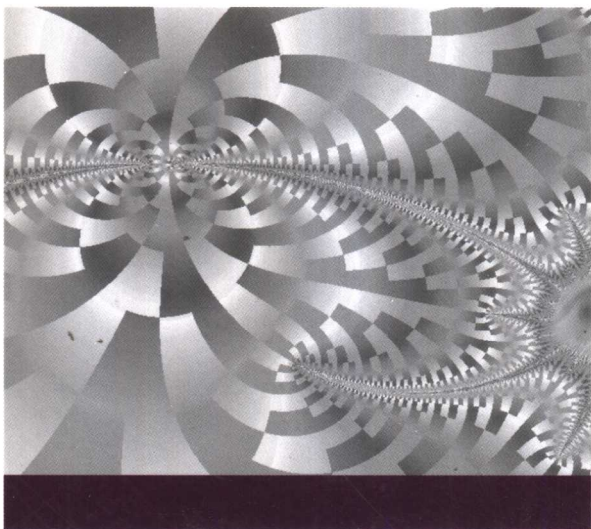


职业技能鉴定培训读本

中级工

热处理工

江苏大学工业中心 组织编写
邵红红 纪嘉明 主编 吴 晶 副主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（中级工）

热 处 理 工

江苏大学工业中心 组织编写

邵红红 纪嘉明 主 编

吴 晶 副主编

戈晓岚 主 审



化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

热处理工/邵红红, 纪嘉明主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 5

职业技能鉴定培训读本(中级工)

ISBN 7-5025-5482-3

I. 热… II. ①邵…②纪… III. 热处理-职业技能鉴定-教材 IV. TG156

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 042734 号

职业技能鉴定培训读本 (中级工)

热 处 理 工

江苏大学工业中心 组织编写

邵红红 纪嘉明 主 编

吴 晶 副主编

戈晓岚 主 审

责任编辑: 陈 丽 刘俊之

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 陈 静 宋 玮

封面设计: 于 兵

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 12 3/4 字数 336 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5482-3/G · 1426

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

在科技突飞猛进、知识日新月异的今天，国际经济和科技的竞争越来越围绕人才和知识的竞争展开。工程技术是科学技术和实际应用之间的桥梁。随着社会和科学技术的发展，工程技术的范围不断扩大，手段日益丰富更新，但其强烈的实践性始终未变。在工程技术人才中，具有丰富实践经验的技术工人是不可或缺的重要组成部分。近年来技术工人队伍的严重缺乏，已引起广泛重视。为此，教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”。从2002年下半年起，国家劳动和社会保障部实施“国家高技能人才培养工程”，并建立了“国家高技能人才（机电项目）培养基地”。这是落实党中央、国务院提出“科教兴国”战略方针的重要举措，也是我国人力资源开发的一项战略措施。这对于全面提高劳动者素质，培育和发展劳动力市场，促进培育与就业结合，推行现代企业制度，深化国有企业改革，促进经济发展都具有重要意义。

《劳动法》第八章第六十九条规定：“国家确定职业分类，对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能考核鉴定”。《职业教育法》第一章第八条明确指出：“实施职业教育应当根据实际需要，同国家制定的职业分类和职业登记标准相适应，实行学历文凭、培训证书和职业资格证书制度”。职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业（或复合性职业）所必备的学识和技能的证明，是劳动者求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位招聘、录用劳动者的主要依据，也是境外从业与就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

根据这一形势，江苏大学（原机械部所属江苏理工大学）工业中心受化学工业出版社的委托，根据2000年3月2日国家劳动和社会保障部部长令（第6号）发布的就业准入的相关职业（工种），组织编写了职业技能鉴定培训读本（中级工），包括《机械制图》、《机械制造基础》、《金属材料与热处理》、《车工》、《铸造工》、《电工》、《钣金复合工》、《金属切削工》、《热处理工》、《刨插工》、《钳工》、《模具工》、《锻造工》、《镗工》、《铣工》、《磨工》、《冷作钣金工》、《组合机床操作工》、《加工中心操作工》、《电气设备安装工》、《高低压电器装配工》、《电机装配工》、《变电设备安装工》、《仪表维修工》等24种，以满足培训市场的需要。

本套丛书由江苏大学工业中心戈晓岚、李金伴和陆一心等教授担任主编，组织有高级职称且业务水平较高，机械制造工程培训经验丰富，了解机械行业情况，熟悉工程培训规律的教师、实验室主任、工厂高级技术人员等参加编写。

本套丛书是针对中级技术工人和操作工编写的，在内容上注重实践性、启发性、科学性，做到基本概念清晰、重点突出、简明扼要，对基本理论部分以必须和够用为原则，注重能力培养，并从当前机械行业技工队伍素质的实际出发，努力做到理论与实践并重，理论与实际相结合，深入浅出，通俗易懂，体现面向生产实际，突出职业性的精神。在强调应用、注重实际操作技能的同时，反映新技术、新工艺、新材料的应用和发展。

本套丛书将教材内容和学习指导有机融合，每章后都有帮助读者消化、巩固、深化学习内容和应用的学习指导和习题。同时注意与初级、高级技工要求之间的合理衔接，便于在职技术工人学习。书中基本术语、材料牌号、设备型号等采用了新标准。

本套丛书既可作为中级工的培训教材，也可作为技工学校、职业学校、大中专院校师生的实习教学参考书。

本套丛书在编写过程中，得到江苏大学工业中心和老科技协会的支持、指导和帮助，在此一并表示感谢。

由于水平所限，编写时间仓促，书中难免有缺点错误，恳请读者斧正。

丛书主编
2003 年 11 月

前 言

当代世界各国的科学技术都在飞速发展，特别是作为支柱产业之一的材料工业，新理论、新技术、新工艺、新材料和新设备及其开发应用层出不穷。就材料应用领域而言，金属材料仍然是当今工业上应用最为广泛的材料。众所周知，热处理技术的应用对金属材料的性能起着举足轻重的作用，因此，热处理技术在工业领域将越来越受到重视。

为了满足广泛的企业热处理技术工人的岗位培训的需要，不断提高热处理技术工人的专业技术水平，增强热处理技术工人在科技迅速发展形势下的技术素质以及在市场经济体制下的竞争能力，根据技术工人技能鉴定考核大纲的要求，我们编写了《热处理工》。

本书简要介绍了金属学的有关基础知识和热处理原理，全面介绍了钢的各种热处理工艺、技能和规范以及常见工艺缺陷和防止措施，详细介绍了常用各类金属材料及典型零件的热处理方法、常用热处理设备和部分先进设备及其操作，同时还介绍了一些热处理新技术、新工艺和新方法。

本书共分四篇，基础理论知识、原理及工艺、钢铁材料及有色金属材料和设备及操作。其中第一篇、第二篇由邵红红编写，第三篇、第四篇由纪嘉明编写。全书由戈晓岚教授审核。

由于编者水平有限，其中可能会有不少缺点和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 2 月

目 录

第一篇 基础理论知识

第一章 金属学基础知识	1
第一节 金属的晶体结构	2
一、晶体结构的基本概念	2
二、常见金属的晶体结构	2
第二节 实际金属的晶体结构	4
一、多晶体结构和亚结构	4
二、实际金属晶体缺陷	5
第三节 纯金属的结晶与铸锭组织	9
一、结晶基础	9
二、结晶过程	10
三、影响形核和长大的因素及晶粒尺寸控制	12
四、金属铸锭组织及缺陷	13
学习指导	17
复习题	18
第二章 合金的相结构和二元合金相图	19
第一节 固态合金中的相结构	20
一、固溶体	20
二、金属化合物	22
第二节 二元合金相图	23
一、二元合金相图的建立	23
二、基本相图	24
第三节 相图与合金性能的关系	32
一、力学性能和物理性能与相图的关系	33
二、合金铸造性能与相图的关系	34

学习指导	35
复习题	36
第三章 铁碳合金	37
第一节 纯铁、铁碳合金的相结构及其性能	37
一、纯铁及其同素异构转变	37
二、Fe-Fe ₃ C 合金的相结构及其性能	39
第二节 Fe-Fe ₃ C 相图分析	40
一、Fe-Fe ₃ C 相图的特性点与特性线	41
二、铁碳合金平衡结晶分析	43
第三节 Fe-Fe ₃ C 相图的应用	56
一、Fe-Fe ₃ C 相图在选材上的应用	56
二、Fe-Fe ₃ C 相图在铸造方面的应用	57
三、Fe-Fe ₃ C 相图在锻造、轧制方面的应用	57
四、Fe-Fe ₃ C 相图在热处理方面的应用	57
第四节 碳钢	57
一、含碳量对钢组织和力学性能的影响	58
二、常存杂质元素对钢性能的影响	58
学习指导	60
复习题	61
第四章 金属材料性能	63
第一节 金属材料的力学性能及其试验	63
一、强度指标	64
二、刚度指标	68
三、塑性指标	68
四、硬度指标	70
五、韧性指标	75
第二节 金属材料的物理和化学性能	77
一、金属材料的物理性能	77
二、金属材料的化学性能	79
第三节 金属材料的工艺性能	80
一、铸造性能	80
二、焊接性能	81
三、锻造性能	81

四、切削加工性能	81
五、热处理工艺性能	82
学习指导	82
复习题	83
第五章 金属的塑性变形与再结晶	85
第一节 金属的塑性变形	85
一、金属的变形特性	85
二、单晶体金属的塑性变形	86
三、多晶体金属的塑性变形	88
第二节 冷塑性变形对金属组织和性能的影响	88
一、冷塑性变形对金属组织结构的影响	88
二、冷塑性变形对金属性能的影响	89
三、残余应力	91
第三节 回复与再结晶	92
一、变形金属与合金在加热时的变化	92
二、回复	93
三、再结晶	94
四、晶粒长大	96
五、影响再结晶后晶粒大小的因素	96
第四节 金属材料的热加工	97
一、热加工与冷加工的区别	97
二、热加工对材料的组织和性能的影响	98
学习指导	100
复习题	101

第二篇 原理及工艺

第六章 钢的热处理	102
第一节 钢的热处理原理	103
一、钢在加热时的组织转变	103
二、钢在冷却时的组织转变	109
第二节 钢的热处理工艺	121
一、钢的退火与正火	121
二、钢的淬火与回火	127

三、钢的冷处理	143
第三节 表面热处理	144
一、表面淬火	144
二、化学热处理	148
第四节 热处理新工艺简介	158
一、形变热处理	158
二、强韧化处理	159
三、循环热处理	160
学习指导	161
复习题	162

第三篇 钢铁材料及有色金属材料

第七章 工业用钢	165
第一节 概述	165
一、钢的分类和编号	165
二、各种元素对钢的性能的影响	168
第二节 结构钢	179
一、碳素结构钢	179
二、合金结构钢	183
第三节 工具钢	201
一、碳素工具钢	201
二、合金工具钢	203
第四节 特殊性能钢	209
一、不锈钢	209
二、耐热钢	210
三、抗磨钢	211
第五节 常用材料的火花鉴别	212
一、火花组成、形状及形成原因	212
二、火花检验设备及操作注意事项	214
三、碳钢火花特征	214
四、合金元素对火花特征的影响	217
学习指导	221
复习题	222

第八章 铸铁	224
第一节 概述	224
一、铸铁的成分、组织和性能特点	224
二、铸铁的石墨化及影响因素	225
三、铸铁的分类	227
第二节 灰铸铁	228
一、灰铸铁的显微组织及力学性能	228
二、影响灰铸铁力学性能的主要因素	229
三、灰铸铁的牌号和应用	231
四、孕育铸铁	233
五、灰铸铁的热处理	233
第三节 蠕墨铸铁和可锻铸铁	235
一、蠕墨铸铁	235
二、可锻铸铁	236
第四节 球墨铸铁	239
一、球墨铸铁的成分、组织、牌号、性能和用途	239
二、球墨铸铁的热处理	245
第五节 特殊性能铸铁	248
一、高强度合金铸铁	248
二、耐磨铸铁	248
三、耐热铸铁	249
四、耐蚀铸铁	249
学习指导	251
复习题	252
第九章 有色金属材料	254
第一节 铝及铝合金	254
一、铝及铝合金的特点	254
二、铝及铝合金的分类及用途	254
三、铝合金处理状态及代号	255
四、铝及铝合金显微组织的分析	256
五、铝及铝合金的热处理	259
第二节 铜及铜合金	260
一、工业纯铜	260

二、铜合金	261
第三节 轴承合金	267
一、轴承合金的性能要求	267
二、轴承合金的分类、牌号和基本组织	268
三、常用轴承合金	269
第四节 其他有色金属及其合金	272
一、钛及其合金	272
二、镁及其合金	273
三、锌及其合金	274
学习指导	274
复习题	275

第四篇 设备及操作

第十章 热处理常用加热设备	277
第一节 电阻炉	277
一、筑炉材料	277
二、电阻炉的一般结构	285
三、各种热处理电阻炉	287
四、电阻炉安装、维护和安全操作	294
第二节 热处理浴炉	296
一、外热式坩埚浴炉	296
二、内热式管状加热器浴炉	298
三、电极盐浴炉	298
四、浴炉的使用、维修与安全操作	301
五、流动粒子炉	303
第三节 真空炉与等离子热处理炉	306
一、真空炉	306
二、等离子热处理炉	307
第四节 表面加热装置	310
一、感应加热的基本原理	310
二、中、高频电流的特点	311
三、感应热处理设备的选择	312
四、导磁体和屏蔽作用	314

五、淬火机床的选择	315
六、火焰表面加热装置	315
第五节 特种热处理设备	315
第六节 冷却装置	316
一、淬火槽	316
二、淬火介质的循环冷却系统	321
三、淬火机和淬火压床	323
第七节 热处理辅助设备	325
一、清理设备	325
二、清洗设备	327
三、校正与校直设备	330
学习指导	331
复习题	332
第十一章 温度测量仪表及控制装置	333
第一节 常用温度检测仪表	333
一、膨胀式温度计	333
二、热电偶与补偿导线	336
三、热电阻	343
四、半导体温度计	345
五、辐射温度计	346
六、光电比色高温计	347
七、热像仪	348
第二节 常用温度显示与调节仪表	348
一、动圈式温度指示调节仪	348
二、电子自动平衡式温度显示与调节仪表	352
三、力矩电机式温度指示调节仪	357
四、ER 系列指示调节记录仪	358
五、温度调节器	359
第三节 数字式温度显示仪表	365
一、面板式数字温度仪表	366
二、数字巡回检测装置	367
三、带微处理机的数字式温度仪表	369
第四节 热处理炉温度调节回路	372

一、电炉温度位式调节回路	372
二、电炉温度连续调节回路	377
三、采用大功率开关管的电炉温度调节回路	380
学习指导	384
复习题	385
参考文献	386

第一篇 基础理论知识

第一章 金属学基础知识

金属的内部结构和组织状态是决定金属材料性能的一个重要因素。对于金属内部结构的研究通常把金属原子作为研究的基本单位，讨论金属原子间的相互结合以及原子排列规律等。金属在固态下通常都是晶体，要了解金属内部结构，首先要了解晶体的结构。

晶体是指其原子呈规则排列的固态物体。在自然界中，包括金属在内的大多数固态物质都属于晶体。天然晶体往往会具有规则的几何外形，如钻石、宝石、水晶等，冰花、雪花、食盐等也容易看到规则的几何外形。但金属及其制品，一般看不到规则的几何外形。

少数物质，如玻璃、松香、木材、棉花等属于非晶体，其内部的原子是散乱分布的，至多有些局部存在的短程规则排列。

由于晶体中的原子呈一定规则周期性的重复排列，因此晶体在性能上区别于非晶体而具有一些重要特性：晶体可具有规则几何外形；具有固定的熔点；具有各向异性。

虽然晶体与非晶体之间存在着本质的差别，但并不意味着两者之间必然存在着不可逾越的鸿沟。在一定条件下，两者可以相互转化。例如，玻璃经长时间加热后能形成晶态玻璃；用特殊设备，使液态金属以极快的速度冷却，可获得非晶态金属等。这些转变的结果，使物体的性能也发生了极大的变化。

第一节 金属的晶体结构

一、晶体结构的基本概念

晶体结构就是晶体内部原子排列的方式及特征。只有研究金属的晶体结构，才能从本质上说明金属性能的差异及变化的实质。

(1) 晶格 为了便于研究和描述晶体内原子的排列规律，通常把原子当作刚性小球，并把不停地热振动的原子看成在其平衡位置上静止不动、且处在振动中心，如图 1-1(a) 所示。以假想的直线在几个方向上将原子振动中心连接起来，形成一个空间格子，称为晶格 [见图 1-1(b)]。

(2) 晶胞 由图 1-1(b) 可见，晶体中原子排列具有周期性，可以从晶体中选取一个能代表晶格特征的最小几何单元来研究晶体结构，那么，这个最小几何单元就称为晶胞 [见图 1-1(c)]。

(3) 晶格常数 在图 1-1(c) 中，晶胞的三个互相垂直的棱边长度 a 、 b 、 c 及三棱边夹角 α 、 β 和 γ ，通常可以表示晶胞的尺寸和形状。 a 、 b 、 c 的单位为 nm。这六个量称为晶格常数。在立方晶格中， $a=b=c$ ，且 $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ 。

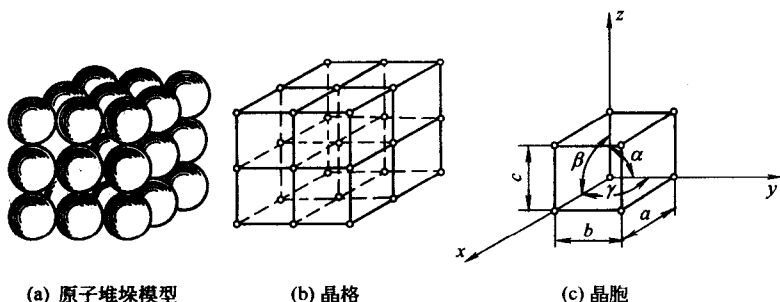


图 1-1 原子排列示意

二、常见金属的晶体结构

在已知的 80 多种金属元素中，除少数具有复杂的晶体结构外，