

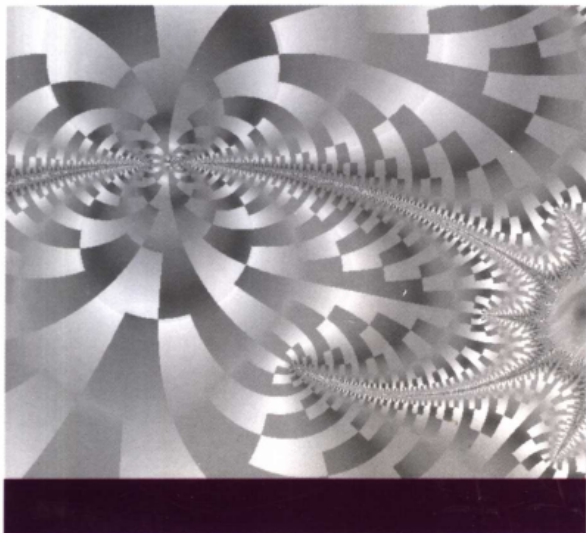
职业技能鉴定培训读本

中级工

金属材料与热处理

江苏大学工业中心 组织编写

戈晓岚 杨兴华 主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

- ★ 以《国家职业标准》和《职业技能鉴定规范》为依据
- ★ 配合国家高技能人才培养工程
- ★ 结合劳动力市场实际需求
- ★ 突出技能训练
- ★ 反映新知识、新技术、新工艺

职业技能鉴定培训读本（中级工）

● 丛书主编 戈晓岚 李金伴 陆一心

- | | |
|------------|----------|
| 机械制图 | 镗工 |
| 机械制造基础 | 铣工 |
| ★ 金属材料与热处理 | 磨工 |
| 车工 | 冷作钣金工 |
| 铸造工 | 组合机床操作工 |
| 钣焊复合工 | 加工中心操作工 |
| 金属切削工 | 电工 |
| 热处理工 | 电气设备安装工 |
| 刨插工 | 高低压电器装配工 |
| 钳工 | 电机装配工 |
| 模具工 | 变电设备安装工 |
| 锻造工 | 仪表维修工 |

ISBN 7-5025-5272-3



9 787502 552725 >

ISBN 7-5025-5272-3/G · 1396 定价：20.00元

职业技能鉴定培训读本（中级工）

金属材料与热处理

江苏大学工业中心 组织编写

戈晓岚 杨兴华 主编



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

金属材料与热处理/戈晓岚, 杨兴华主编. —北京:
化学工业出版社, 2004.3
职业技能鉴定培训读本(中级工)
ISBN 7-5025-5272-3

I. 金… II. ①戈…②杨… III. ①金属材料-职业技能鉴定-自学参考资料②热处理-职业技能鉴定-自学参考资料 IV. TG1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 012588 号

职业技能鉴定培训读本 (中级工)

金属材料与热处理

江苏大学工业中心 组织编写

戈晓岚 杨兴华 主编

责任编辑: 陈丽 刘俊之

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 李林 马凤英

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

三河市延风装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 8 3/4 字数 224 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5272-3/G · 1396

定价: 20.00 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

前 言

本书以中级工技术等级标准中对“金属材料及热处理”的基本要求为依据,汲取了国内外同类教材的某些优点,并结合技工培训的特点及作者的经验编写而成。本书既可作为中级工的培训教材,亦可作为技工学校、职业学校、大中专院校师生的教学参考书。

本书以材料性能为主线,从理论上简明扼要地论述了材料成分、结构、组织与性能的关系,并着重叙述了金属热处理的原理、方法及常用金属材料(碳钢、合金钢、有色金属材料等)的分类、牌号、成分、组织结构和性能用途;本教材还从金属材料、热处理和材料选择几个方面介绍了实际应用的情况;最后还简单介绍了新材料的相关知识。

本书将教材内容和学习指导有机融合,每章后有帮助读者消化、巩固、深化学习内容和应用的学习指导和习题,并且部分习题附有参考答案。书中基本术语和材料牌号等采用了新标准。

全书由戈晓岚教授和杨兴华副教授编写,编写中,王特典教授、姜银方副教授和江苏省金工教学研究会的许多同行曾对本书提出宝贵意见,在此表示衷心感谢。

使用本书时,可根据各工种具体情况作必要的调整或增删,有些内容可供读者自学。

由于编者水平所限,难免存在缺点和错误,恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

2003 年 12 月

目 录

绪论	1
第一章 材料的性能	5
第一节 静态力学性能	5
一、拉伸试验	5
二、硬度	8
第二节 动态力学性能	10
一、韧性	10
二、疲劳强度	12
第三节 高低温性能	13
一、高温性能	13
二、低温性能	13
第四节 材料的工艺性能	14
学习指导	15
复习题	15
第二章 材料的内部结构	17
第一节 固体材料的结构	17
一、晶态结构	17
二、非晶态结构	18
三、晶体和非晶体的性能特点	18
第二节 金属晶体结构	19
一、常见金属晶体的结构	19
二、实际金属的结构	20
第三节 金属结晶过程	23
一、金属的结晶过程	23
二、结晶组织	25
三、重结晶	28

学习指导	29
复习题	29
第三章 金属的塑性变形与再结晶	31
第一节 单晶体的弹性及塑性变形	31
一、单晶体的弹性变形	31
二、单晶体内的塑性变形	31
三、滑移的位错理论	34
四、冷变形强化	36
第二节 实际金属的塑性变形	37
一、多晶体的塑性变形	37
二、纤维组织	37
第三节 金属的再结晶	37
一、回复	38
二、再结晶	39
第四节 金属的热加工	40
一、金属的热加工与冷加工	40
二、热加工对金属组织和性能的影响	41
学习指导	43
复习题	44
第四章 合金的结构及平衡相图	46
第一节 合金的结构	46
一、固溶体	46
二、金属化合物	48
三、机械混合物	48
第二节 平衡相图的概念	48
一、平衡相图	49
二、冷却曲线	49
三、溶解度的研究	51
四、几个特例	52
第三节 平衡相图的应用	53
一、表象点的研究	53
二、合金的结晶	54
三、三相反应	55

四、金属化合物	56
五、相图与合金性能之间的关系	56
第四节 铁-碳平衡相图	59
一、铁碳合金的基本相	59
二、Fe-Fe ₃ C 平衡相图中点和线的意义	60
三、单相区	62
四、钢的组织转变	63
五、白口铁的组织转变	67
六、含碳量与铁碳合金性能关系	69
学习指导	72
复习题	73
第五章 热处理	75
第一节 概述	75
一、改善工艺性能的热处理	75
二、提高强度的热处理	76
第二节 钢在加热时的转变	77
第三节 钢在冷却时的转变	79
一、等温转变	79
二、连续冷却转变	83
第四节 钢的退火与正火	84
一、钢的退火	84
二、钢的正火	87
第五节 钢的淬火	87
一、淬火加热温度的选择	87
二、淬火介质	88
三、淬火方法	89
第六节 钢的回火	91
一、回火的目的	91
二、淬火钢回火时的组织转变	92
三、回火种类及其应用	94
四、回火脆性	95
第七节 淬火钢的三大特性	98
一、钢的淬硬性	98

二、钢的淬透性	98
三、钢的回火稳定性	99
第八节 钢的表面热处理	100
一、钢的表面淬火	100
二、化学热处理	102
第九节 热处理设备	105
一、加热炉	105
二、冷却设备	106
三、测温仪器	107
学习指导	108
复习题	109
第六章 工业用钢及铸铁	112
第一节 钢的综述	112
一、钢材生产简介	112
二、钢的分类、编号与成分特点	115
三、碳钢和合金钢的特点	119
第二节 结构钢	124
一、工程结构钢	124
二、机器结构钢	126
第三节 工具钢	137
一、刃具钢	138
二、模具钢	144
三、量具钢	146
第四节 特殊性能钢	146
一、不锈钢	146
二、耐热钢	147
三、耐磨钢	147
第五节 铸铁	148
一、灰铸铁	150
二、蠕墨铸铁	155
三、可锻铸铁	156
四、球墨铸铁	158
五、合金铸铁	159

学习指导	160
复习题	161
第七章 有色金属及其合金	164
第一节 铝及铝合金	164
一、综述	164
二、铝合金	164
第二节 铜及铜合金	171
一、综述	171
二、黄铜	171
三、青铜	173
第三节 轴承合金	176
一、锡基轴承合金	177
二、铅基轴承合金	179
三、铝基轴承合金	180
四、铜基轴承合金	180
五、锌基轴承合金	180
第四节 其他有色金属及合金	182
一、钛及钛合金	182
二、锌基合金	183
三、镍基合金	184
四、硬质合金	185
学习指导	187
复习题	188
第八章 机械零件选材	190
第一节 选材的原则与方法	190
一、选材的一般原则	190
二、选材的步骤和方法	192
第二节 金属材料的选择方法举例	198
一、以综合力学性能为主的选材方法	198
二、以耐磨性为主的钢材选择方法	200
三、以弹性为主的选材方法	202
四、常用工具的选材	204
学习指导	205

复习题	206
第九章 新材料	207
第一节 三大功能材料	207
一、减振合金	207
二、材料的超塑性	209
三、形状记忆材料	211
第二节 磁性材料和超导材料	215
一、磁性材料	215
二、超导材料	218
第三节 发展中的金属间化合物及纳米材料	219
一、发展中的金属间化合物	219
二、纳米材料	222
第四节 其他新材料	224
一、非晶态金属	224
二、梯度功能材料	227
三、储氢合金	230
学习指导	231
附录 部分习题参考答案	232
参考文献	256

绪 论

从化学元素周期表中可知现已发现一百多种元素，这些化学元素组成了自然界的物质，这些物质用于人类生产和生活就是材料。从日常生活用具到高、精、尖的产品，从简单的手工工具到技术复杂的航天器、机器人，都是不同种类、不同性能的材料加工而成的。材料的利用情况标志着人类文明的发展水平，历史学家把人类的历史按人类所使用的材料种类划分为石器时代、青铜器时代、铁器时代，材料的利用和发展构成了人类文明史的里程碑。在现代工业生产中，人们把材料、能源、信息称为现代技术的三大支柱，而材料进步是现代技术革命的先锋，未来的空间工业、海洋工业和基因工程都离不开材料科学。

在现代社会中，新材料的出现层出不穷，这大大推动了社会的进步和科学技术的发展。例如，用于集成电路的单晶硅材料，用于人造地球卫星的形状记忆合金，前途光明的超导材料，能源工程的储氢材料等。就拿超导材料来说，这种材料在一定温度下电阻为零，如果超导材料能在室温下使用，把它用于计算机，将大大提高其运算速度；把它用于输电线路，北煤南运的问题将得到解决；把它用于高速悬浮列车代替永磁材料，悬浮列车将为运输业带来革命。再如 1985 年美国化学家 Kroto 发现的一种新的碳的同素异形体 C_{60} ，一种由 60 个碳原子组成的大分子，成为一个球形，人们称之为烯球 (Fullerene) 或巴基球 (Bucky ball)。它是合成金刚石的理想原料；掺后为超导材料； C_{60} 和 C_{70} 溶液具有光限性；它也是治疗癌症药物的载体。事实上，新材料的发展速度很快，工程技术人员要认识和使用它，管理决策人员更要有远见。

人们对材料的认识是逐步深入的。1963 年第一台光子显微镜问世，引发了金相学的研究，使人们步入材料的微观世界，1912 年利用 X 射线开始了晶体微观结构的研究，1932 年又发明了电子显微镜以及后来出现的各种谱仪，把人们带到了微观世界的更深层次。一些与材料有关的基础学科（如固体物理、量子力学、化学等）的发展，又有力地推动了材料研究的深化。材料科学是研究材料的化学组成、微观组织结构与材料性能之间的关系。材料的性能与组织、结构存在着对应关系，要改变材料的性能，必须改变它的组织或结构。而改变组织与结构的主要途径是通过改变它的化学成分及加工工艺来实现。所以通过一定的手段和方法找出材料的化学成分、组织结构和加工工艺与材料的性能之间的内在规律，再用来研制和正确地使用新材料、新工艺和新技术为生产服务。

工程上使用的材料，种类繁多，有许多不同的分类方法。若按材料的化学成分、结合键的特点分，可分为金属材料、有机高分子材料、无机非金属材料（陶瓷材料）和复合材料四大类，其基本特点见表 0-1。

金属材料是目前应用最广泛的工程材料，它包括纯金属及其合金。在工业上，把金属材料分为两类：一类是黑色金属，它是指铁、锰、铬及其合金，其中以铁为基的合金（钢和铸铁）应用最广；另一类是有色金属，这是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。按照特性的不同有色金属又分为轻金属、重金属、贵金属、稀有金属和放射性金属等多种。

非金属材料是近几十年来发展很快的工程材料，预料今后还会有更大的发展。非金属材料包括有机高分子材料和无机非金属材料两大类。有机高分子材料的主要成分是碳和氢，按其应用可分为塑料、橡胶、合成纤维；而无机非金属材料是指不含碳、氢的化合物，其中以陶瓷应用最广。复合材料是一种新型的、具有很大发展前途的材料，它是把两种或两种以上的不同性质或不同组织结构的材料以微观或宏观的形式组合在一起而构成的。它不仅保留了组成

表 0-1 四大工程材料的基本特点

分类	基本组成	原子间结合键	结构类型	材料举例	弹性模量	弹性形变	强度	硬度	塑性	耐热性	熔点	耐腐蚀性	导电、热性	成形性	其他性能
金属材料	金属元素为主	金属键为主	晶体	钢、铸铁、铜合金、铝合金	较高	较小	较高	较高	良好(除铸铁等)	较高	较高	一定程度	良好	良好	密度大、不透明、有金属光泽
有机高分子材料	有机高分子化合物为主	分子内共价键, 分子间或键交联	无定形态(混有定形态区)	塑料、橡胶	小	很大或较大	较低	较低	变化大	较低	较低	高	绝缘、导热不良	良好	密度小、热膨胀系数大、抗蠕变性低、耐腐蚀性好
陶瓷材料	硅酸盐、氧化物、碳化物等	离子键为主, 也有共价键	晶体为主	陶瓷器、 Al_2O_3 、 MgO 、 BN 、 TiC 、 WC 、 SiC	高	极小	抗压强度高	高	脆	高	高	高	绝缘、导热不良	差	耐磨性好, 抗热振性好, 抗拉强度低
复合材料	几种材料的组合	复杂	混合	碳、玻璃、金属等纤维复合材料	高于单一材料		高于单一材料			高于单一材料		高于单一材料	技术复杂		

材料各自的优点，而且具有单一材料所没有的优异性能。

目前的机械工业正向着高速、自动、精密方向迅速发展，在产品的设计与制造过程中，遇到的材料与材料的加工工艺方面的问题越来越多，这就要求工程技术人员具有足够的材料及其加工工艺的知识，也要求管理人员能在复杂的工业生产过程中使财力、物力、人力得到充分利用，并具有远见卓识的头脑，把握好科技的发展动态，为社会主义经济建设服务。

金属材料及热处理课程的目的是使学生了解工程材料的一般知识及常用材料性能、加工工艺和用途。其内容主要有金属材料的基础知识，金属材料及其热处理工艺、性能、牌号和用途以及材料选择的基本知识。课程以金属材料为重点，金属材料中又以钢为学习的重点内容。

本课程是一门理论和实践性很强的课程，而且叙述性的内容较多，读者应以化学成分、工艺→组织、结构→性能→用途这条主线进行学习。读者还应充分应用学过的知识，及时复习，认真阅读每章后面的学习指导并认真完成每章的作业，尽量消化和理解金属材料及热处理的基本知识。

第一章 材料的性能

材料的性能可分为物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能等。

物理性能包括密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。

化学性能表现为材料在室温、高温下抵抗各种化学作用的性能，如耐蚀性等。

工艺性能是指材料对某种加工工艺的适应性，包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

力学性能是指材料在受力作用时所表现出来的各种性能。它们是通过标准试验来测定的。

第一节 静态力学性能

一、拉伸试验

按 GB 6397—86 制作标准拉伸试样，在拉伸试验机上缓慢地进行拉伸，使试样承受轴向拉力 P ，并引起试样沿轴向伸长 $\Delta L = L_1 - L_0$ ，直至试验断裂。将拉力 P 除以试样原始截面积 F_0 ，即得拉应力 σ ，单位为 MPa；将伸长量 ΔL 除以试样原始长度 L_0 ，即得应变 ϵ 。以 σ 为纵坐标， ϵ 为横坐标，则可画出应力-应变图，如图 1-1 所示。此图已消除试样尺寸的影响，从而能直接反映材料的性能。

1. 弹性和刚度

试验时，如加载后应力不超过 σ_e ，则卸载后试样即恢复原状，

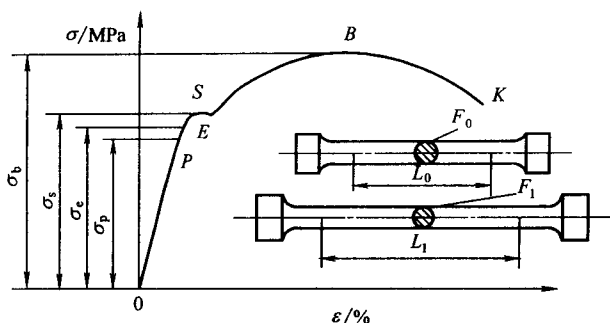


图 1-1 拉伸试样及低碳钢的应力-应变

这种不产生永久变形的能力称为弹性。 σ_e 为不产生永久变形的最大应力，称为弹性极限。

在弹性范围内，应力与应变成正比时，其比例常数 E 称为弹性模量，单位为 MPa。此值仅与材料有关，反映了材料弹性变形抗力的大小，即刚度。 E 越大，刚度越大。

材料在使用中，如刚度不足，则会由于发生过大的弹性变形而失效。

2. 强度

如图 1-1 所示，在 S 点出现一水平段，即应力不增加而变形继续进行。此时若卸载，试样变形不能完全消失，将保留一部分残余的变形。这种不能恢复的残余变形称为塑性变形。 σ_s 即表示材料在试验过程中，载荷不增加（保持恒定）仍能继续伸长的应力，称为屈服点（屈服极限）。对大多数零件而言，塑性变形就意味着零件丧失了对尺寸和公差的控制。工程中常根据 σ_s 确定材料的许用应力。

工业上使用的多数金属材料，在拉伸试验过程中，没有明显的屈服现象发生。按 GB 228—87 规定，可用规定残余伸长应力 σ_r 表示，它表示材料在卸除载荷后，标距部分残余伸长率达到规定数值时的应力。如规定伸长率为 0.2% 时，则用 $\sigma_{r0.2}$ 表示。

应力超过屈服点时，整个试样发生均匀而显著的塑性变形。