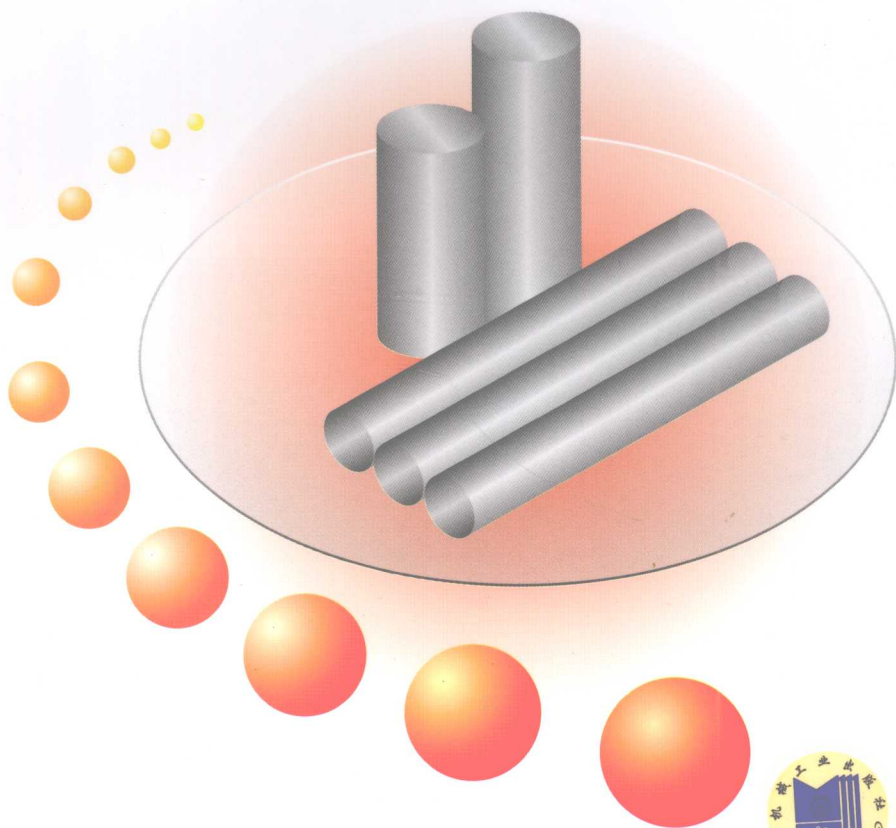




职业教育“十一五”规划教材
焊接专业“双证制”教学改革用书

金属材料与热处理

王贵斗 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子教案
www.cmpedu.com

职业教育“十一五”规划教材
焊接专业“双证制”教学改革用书

金属材料与热处理

主 编 王贵斗
副主编 王学武
参 编 马春来
滕玮晔
主 审 康煜平

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书主要讲授常用金属材料的分类、编号、组织结构、力学性能、热处理以及应用等方面的基本知识,全书以金属材料的性能及改性为核心,并以金属材料的性能与成分、组织结构、加工工艺之间的关系为主线贯穿始终。全书共分九个单元,包括金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、二元合金的相结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、金属的塑性变形与再结晶、低合金钢与合金钢、铸铁、非铁金属及其合金等。本书版式新颖、图文并茂,将需要掌握的知识点进行分解,按单元、综合知识模块、能力知识点的层次安排编写,每单元开始安排有“学习目标”,单元末尾安排有“综合训练”。为便于教学,本书配备了电子教案,选择本书作为教材的教师可来电索取(010-88379201),或登录 www.cmpedu.com 网站注册、免费下载。

本书可作为高职、高专、各类成人教育焊接专业及相近专业的教材或培训用书,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理/王贵斗主编. —北京:机械工业出版社,2008.8
职业教育“十一五”规划教材. 焊接专业“双证制”教学改革用书
ISBN 978-7-111-24634-3

I. 金… II. 王… III. ①金属材料-职业教育-教材②热处理-职业教育-教材 IV. TG1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第108478号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:崔占军 齐志刚 责任编辑:齐志刚 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(北京樱花印刷厂装订)

2008年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·17.25印张·426千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-24634-3

定价:28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了进一步贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的文件精神，加强职业教育教材建设，满足职业院校深化教学改革对教材建设的要求，机械工业出版社于2006年11月在北京召开了“职业教育焊接专业教材建设研讨会”。在会上，来自全国十多所院校的焊接专家、一线骨干教师研讨了新的职业教育形势下焊接专业的课程体系，确定了面向中职、高职层次两个系列教材的编写计划。本书是根据会议所确定的教学大纲和高等职业教育培养目标组织编写的。

本书主要讲授常用金属材料的分类、成分、结构与结晶、热处理、力学性能以及应用等方面的基本知识，全书以金属材料的性能及改性为核心，以金属材料的性能与成分、组织结构、加工工艺（热处理）之间的关系为主线，重点培养学生合理选用金属材料、正确使用金属材料的能力，以充分发挥金属材料潜力，提高零（构）件的质量，延长产品寿命。

本书编写过程中力求体现“宽、精、新、应用”的特色。基础理论以应用为目的、以够用为度，教学内容选择宽而精，加强针对性与应用性。本书编写模式新颖，将需要掌握的知识点进行分解，按单元、综合知识模块、能力知识点作为层次安排编写，每单元开始安排有“学习目标”，单元末安排有“综合训练”。

参加本书编写的有王贵斗、王学武、马春来、滕玮晔。其中由王贵斗编写第三、四（综合知识模块一～综合知识模块三）、六、八单元，滕玮晔编写第四（综合知识模块四）单元，王学武编写绪论，第五、七单元及实验指导书，马春来编写第一、二、九单元。全书由王贵斗主编，沈阳工业大学康煜平教授主审。为便于教学，本书配备了电子教案，选择本书作为教材的教师可来电索取（010-88379201），或登录 www.cmpedu.com 网站注册、免费下载。

编写过程中，作者参阅了国内外出版的有关教材和资料，在此一并表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言		能力知识点 1	合金的基本概念	38
绪论	1	能力知识点 2	合金的相结构	39
第一单元 金属材料的性能	6	综合知识模块二	二元合金相图	42
综合知识模块一 金属的物理性能		能力知识点 1	二元合金相图的表示方法	42
与化学性能	6	能力知识点 2	二元合金相图的测定方法	43
能力知识点 1 金属的物理性能	6	综合知识模块三	二元匀晶相图	44
能力知识点 2 金属的化学性能	8	能力知识点 1	相图分析	44
综合知识模块二 金属的力学性能	8	能力知识点 2	杠杆定律	45
能力知识点 1 强度、刚度及弹性	8	能力知识点 3	合金的结晶过程分析	46
能力知识点 2 塑性	12	能力知识点 4	枝晶偏析	47
能力知识点 3 硬度	13	综合知识模块四	二元共晶相图	47
能力知识点 4 韧性	17	能力知识点 1	相图分析	47
能力知识点 5 疲劳	19	能力知识点 2	合金的结晶过程分析	48
综合知识模块三 金属的工艺性能	23	能力知识点 3	合金的相组分与组织组分	52
能力知识点 1 铸造性能	23	能力知识点 4	比密度偏析	52
能力知识点 2 可锻性	23	综合知识模块五	合金性能与相图间的关系	53
能力知识点 3 焊接性	23	能力知识点 1	单相固溶体合金	53
能力知识点 4 可加工性	24	能力知识点 2	两相混合物合金	54
综合训练	24	综合训练		55
第二单元 金属的晶体结构与结晶	26	第四单元 铁碳合金		57
综合知识模块一 金属的晶体结构	26	综合知识模块一 铁碳合金的基本相		58
能力知识点 1 晶体与非晶体	26	能力知识点 1 铁素体		58
能力知识点 2 金属的典型晶体结构	27	能力知识点 2 奥氏体		58
能力知识点 3 金属的实际晶体结构	29	能力知识点 3 渗碳体		59
综合知识模块二 纯金属的结晶	31	综合知识模块二 Fe-Fe ₃ C 相图分析		59
能力知识点 1 金属结晶的冷却曲线和过冷现象	31	能力知识点 1 Fe-Fe ₃ C 相图中的点		59
能力知识点 2 晶粒大小对金属力学性能的影响	33	能力知识点 2 Fe-Fe ₃ C 相图中的线		60
能力知识点 3 细化晶粒的方法	33	能力知识点 3 Fe-Fe ₃ C 相图中的区		62
能力知识点 4 铸锭及焊缝的结晶	34	综合知识模块三 典型合金的结晶过程及其组织		62
综合知识模块三 金属的同素异构转变	36	能力知识点 1 Fe-Fe ₃ C 相图中铁碳合金的分类		62
能力知识点 1 同素异构	36	能力知识点 2 典型合金的结晶过程及其		
能力知识点 2 纯铁的同素异构转变	36			
综合训练	37			
第三单元 二元合金的相结构与结晶	38			
综合知识模块一 二元合金的晶体结构	38			

能力知识点 3	铁碳合金的成分、组织及性能间的关系	68	能力知识点 3	回火的种类	110
能力知识点 4	铁碳合金相图的应用	70	能力知识点 4	回火脆性	111
综合知识模块四	碳素钢	71	综合知识模块七	表面热处理	112
能力知识点 1	钢中的常存杂质元素及其作用	71	能力知识点 1	感应淬火	112
能力知识点 2	碳素钢的分类	73	能力知识点 2	火焰淬火	113
能力知识点 3	我国钢铁产品牌号表示方法及原则	73	综合知识模块八	化学热处理	114
能力知识点 4	碳素钢的牌号、性能和用途	74	能力知识点 1	钢的渗碳	115
综合训练		81	能力知识点 2	渗氮	117
第五单元 钢的热处理		83	能力知识点 3	氮碳共渗和碳氮共渗	119
综合知识模块一	热处理概述	83	综合知识模块九	热处理质量控制	120
能力知识点 1	热处理的实质、目的和作用	83	能力知识点 1	钢在热处理时的加热缺陷	120
能力知识点 2	热处理的分类	83	能力知识点 2	淬火回火的工艺缺陷	121
综合知识模块二	钢在加热时的转变	84	能力知识点 3	热处理工艺实例	123
能力知识点 1	钢热处理的临界温度	84	综合训练		124
能力知识点 2	钢的奥氏体化过程	85	第六单元 金属的塑性变形与再结晶		127
能力知识点 3	奥氏体晶粒的长大及控制	86	综合知识模块一	金属的塑性变形	127
综合知识模块三	钢在冷却时的转变	87	能力知识点 1	单晶体的塑性变形	127
能力知识点 1	热处理冷却概述	87	能力知识点 2	多晶体的塑性变形	132
能力知识点 2	奥氏体等温转变图	88	综合知识模块二	冷塑性变形对金属性能和组织的影响	132
能力知识点 3	奥氏体等温转变的产物和性能	89	能力知识点 1	冷塑性变形对金属性能的影响	132
能力知识点 4	马氏体转变	92	能力知识点 2	冷塑性变形对金属组织和结构的影响	133
能力知识点 5	非共析钢的奥氏体等温转变	95	能力知识点 3	残余应力	135
能力知识点 6	奥氏体连续冷却转变图	96	综合知识模块三	冷塑性变形金属在加热时的组织与性能变化	136
综合知识模块四	钢的退火和正火	98	能力知识点 1	回复	136
能力知识点 1	钢的退火	98	能力知识点 2	再结晶	137
能力知识点 2	钢的正火	99	能力知识点 3	再结晶后的晶粒长大	138
综合知识模块五	钢的淬火	101	综合知识模块四	金属的热变形加工与冷变形加工	139
能力知识点 1	淬火工艺参数	102	能力知识点 1	冷、热变形加工的区别	139
能力知识点 2	淬火方法	104	能力知识点 2	热变形加工对金属组织和性能的影响	140
能力知识点 3	钢的淬透性	105	综合训练		141
综合知识模块六	钢的回火	107	第七单元 低合金钢与合金钢		143
能力知识点 1	钢的回火及目的	107	综合知识模块一	低合金钢与合金钢	
能力知识点 2	淬火钢在回火时的转变	108			

	概述	143	能力知识点 3	影响石墨化的因素	193
能力知识点 1	低合金钢和合金钢的 定义	143	综合知识模块二	灰铸铁	195
能力知识点 2	低合金钢和合金钢的 分类	144	能力知识点 1	灰铸铁的成分、组织 和性能	195
综合知识模块二	合金元素在钢中的 作用	144	能力知识点 2	灰铸铁的牌号和用 途	197
能力知识点 1	合金元素与铁、碳的 作用	144	能力知识点 3	灰铸铁的孕育处理	198
能力知识点 2	合金元素对铁碳相图的 影响	146	能力知识点 4	灰铸铁的热处理	198
能力知识点 3	合金元素对热处理的 影响	148	综合知识模块三	球墨铸铁	199
综合知识模块三	低合金钢与合金钢的 编号	150	能力知识点 1	球墨铸铁的成分、组织 和性能	199
能力知识点 1	低合金钢的编号	150	能力知识点 2	球墨铸铁的牌号和 用途	201
能力知识点 2	合金结构钢的编号	150	能力知识点 3	球墨铸铁的热处理	202
能力知识点 3	合金工具钢与特殊性能 钢的编号	151	综合知识模块四	蠕墨铸铁	205
能力知识点 4	专用钢的编号	151	能力知识点 1	蠕墨铸铁的成分	205
综合知识模块四	低合金钢	152	能力知识点 2	蠕墨铸铁的组织与 性能	205
能力知识点 1	低合金钢及其分类	152	综合知识模块五	可锻铸铁	206
能力知识点 2	低合金高强度结构钢	153	能力知识点 1	可锻铸铁的化学成分 和组织	206
能力知识点 3	船体结构钢	155	能力知识点 2	可锻铸铁的牌号、性能 及用途	208
综合知识模块五	合金结构钢	157	综合知识模块六	合金铸铁	209
能力知识点 1	合金渗碳钢	157	能力知识点 1	耐磨铸铁	209
能力知识点 2	合金调质钢	159	能力知识点 2	耐热铸铁	210
能力知识点 3	合金弹簧钢	162	能力知识点 3	耐蚀铸铁	211
能力知识点 4	滚动轴承钢	164	综合训练		212
综合知识模块六	合金工具钢	165	第九单元 非铁金属及其合金		214
能力知识点 1	低合金刀具钢	166	综合知识模块一	铝及铝合金	214
能力知识点 2	高速工具钢	167	能力知识点 1	工业纯铝	214
能力知识点 3	合金模具钢	172	能力知识点 2	铝合金的分类及强化	215
能力知识点 4	量具钢	176	能力知识点 3	常用铝合金	217
综合知识模块七	特殊性能钢	178	综合知识模块二	铜及其合金	220
能力知识点 1	不锈钢	178	能力知识点 1	工业纯铜	220
能力知识点 2	耐热钢	182	能力知识点 2	铜合金	221
能力知识点 3	耐磨钢	186	综合知识模块三	其他非铁合金	225
综合训练		187	能力知识点 1	钛及钛合金	225
第八单元 铸铁		190	能力知识点 2	镁及镁合金	228
综合知识模块一	铸铁的石墨化	191	能力知识点 3	锌及锌合金	228
能力知识点 1	铁碳合金双重相图	191	能力知识点 4	粉末冶金	229
能力知识点 2	石墨化过程	192	综合训练		231
			附录 A 实验指导书		233

实验一	金属的硬度测试	233	实验七	合金钢、铸铁及非铁合金显微 组织观察	247
实验二	金属的冲击试验	237	附录 B	平面布氏硬度值计算表	250
实验三	金相显微镜的使用	238	附录 C	黑色金属硬度及强度换算表	260
实验四	铁碳合金平衡组织的观察	240	附录 D	世界各国常用钢号对照表	263
实验五	钢的热处理	242	参考文献	268
实验六	钢的非平衡组织观察	245			

绪 论

一、金属材料的分类及其在现代工业中的地位

材料是人类生存和发展的物质基础，材料的发展史从生产力的侧面反映了人类社会发展的文明史，从人们懂得利用材料的旧石器时代到科技发达的现代社会，经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代、钢铁时代、半导体时代，现在人们正处于新材料时代，如图 0-1 所示。每一种材料的发现和利用，都使人类利用和改造自然的能力得到了提高，成为人类进步的一个里程碑。如今，材料、能源和信息已成为现代化社会生产的三大支柱，而材料又是能源和信息发展的物质基础。



图 0-1 材料发展的历史变迁

现代材料种类繁多，据粗略统计，目前世界上的材料总和已达 40 多万种，并且每年仍在以 5% 的速度增长。机械工程材料按化学成分可分成金属材料和非金属材料两大类，其中应用最广的仍是金属材料。

金属材料可分为两大类：钢铁材料（或黑色金属）和非铁金属（或有色金属）。

钢铁材料是以铁和碳为主要成分的金属材料，碳的质量分数在 0.0218% ~ 2.11% 的铁碳合金称为钢，碳的质量分数大于 2.11% 的铁碳合金称为铸铁。在铁碳合金中，通过有目的地加入一种或几种合金元素来提高或改善钢铁性能，就形成了形形色色的合金钢或合金铸铁。

非铁合金的种类很多，按其特性可分为：轻金属（如铝、钛、镁、铍及合金等）、重金属（如铜、锌、锰及合金等）、低熔点合金（如铅、锡、镉、铋、铟、镓、汞及合金等）、难熔合金（如钨、钼、铌、钽及合金等）和贵金属（如金、银、铂等）等。



金属材料之所以应用广泛，是因为其来源丰富，而且具有优良的力学性能和工艺性能，如具有较高的强度、优良的塑性和韧性；具有耐热性、耐低温性和耐蚀性；可铸造、锻造、冲压和焊接；还有良好的导电性和导热性等。更为重要的是，金属材料的性能可以通过化学成分、热处理或其他加工工艺进行调整，使其性能在较大范围内变化，以满足工程需要。

近二十年来，金属材料的发展虽然受到了一些挑战，逐渐让出部分市场并为其他新材料所取代，材料领域从金属材料的一统天下转变为金属材料、陶瓷材料和高分子材料三足鼎立的新格局，但金属材料的发展仍具有广阔的前途。虽然陶瓷和高分子材料发展迅速，具有某些方面的优点，但其缺点也很突出，如高分子材料强度较低且易老化，陶瓷材料韧性低等，所以，非金属材料在有些方面可代替金属材料，但在有些方面还是无法代替金属材料的。

在可以预见的未来，金属材料仍将占据材料工业的主导地位，这种情况在中国等发展中国家尤其如此。这是因为金属材料工业已经拥有了一套相当成熟的生产技术和庞大的生产能力，并且质量稳定，供应方便，在性能价格上也占有一定优势。此外，在相当长时期内金属材料的资源是有保证的。

二、金属材料的性能与化学成分、组织结构、热处理之间的关系

作为一名工程技术人员，为了合理使用金属材料，就必须掌握其性能，并了解影响其性能的因素。影响金属材料性能的因素有内因和外因两个方面：内因是材料的化学成分；外因是材料的加工工艺，主要是指热处理和塑性变形。

因化学成分不同，金属材料的性能就不同。最典型的例子就是钢和铸铁，二者都是铁碳合金，区别在于碳的质量分数不同。钢中碳的质量分数较低，强度高，并有良好的塑性和韧性，可以进行锻压加工，并有较好的焊接性；而铸铁中碳的质量分数较高，抗拉强度较低，而且塑性和韧性差，不能进行压力加工，但有良好的铸造性能。通过研究分析得知，金属材料的化学成分不同，其内部组织结构就不同，如钢组织中渗碳体（ Fe_3C ）数量较少，而铸铁组织渗碳体数量较多，从而造成了钢和铸铁在性能上的差异。

热处理是改善金属材料性能的重要手段。同一金属材料，热处理工艺不同，热处理后的性能就截然不同。将两个碳的质量分数为 0.77% 的 T8 钢试样加热到 800°C ，保温适当时间，分别在水中和空气中冷却，然后测试两个试样的硬度。在水中冷却的 T8 钢试样硬度很高，可达 60HRC 以上，而在空气中冷却的 T8 钢试样硬度却不足 30HRC。产生这种性能差异的原因是，在不同的热处理冷却过程中 T8 钢发生了不同的组织转变，生成了不同组织的产物。也就是说，热处理是通过改变金属材料的内部组织结构来达到改善其性能的目的。

对金属材料进行塑性变形加工也可以改变金属材料的性能，对于某些金属材料，这种方法是对其进行强化的唯一手段。

综上所述，金属材料的性能首先取决于其内部组织结构，而内部组织结构又取决于化学成分和加工工艺条件。因此，改善金属材料性能的途径就是合金化、热处理和塑性变形，如图 0-2 所示。

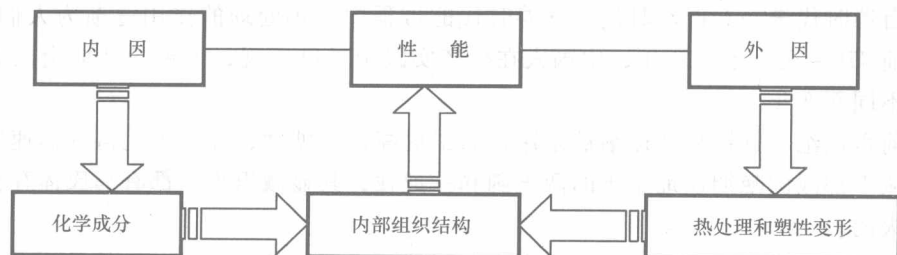


图 0-2 金属材料的性能与成分、组织结构、加工工艺之间的关系

三、金属材料的发展及材料科学的形成

金属是人类较早开发利用的材料。早在 4000 多年前，人们在大量烧制陶瓷的实践中，熟练地掌握了高温加工技术，利用这种技术来烧炼矿石，逐渐冶炼出铜及其合金青铜，这是人类社会最早出现的金属材料。

商周时代中国进入青铜器发展的鼎盛时期，技术水平处于世界的前列。春秋时期，我国已能对青铜冶铸技术做出规律性的总结，如《周礼·考工记》“金有六齐”的叙述是世界上最早的有关金属材料的成分、性能和用途之间关系的总结。司母戊大方鼎和越王勾践青铜剑便是这一时期青铜器发展的例证，如图 0-3 所示。

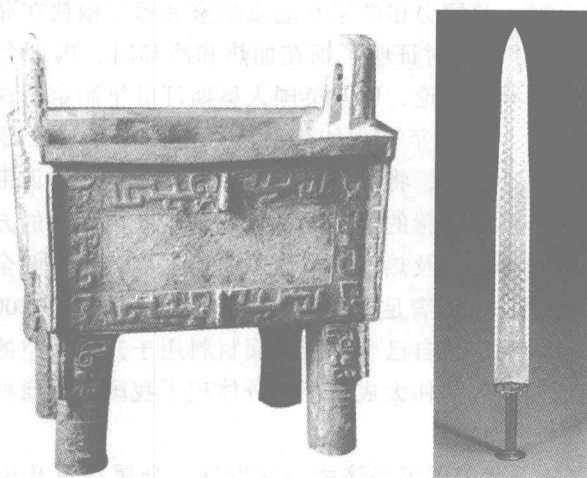


图 0-3 司母戊大方鼎和越王勾践青铜剑

我国早在周代就开始冶铁，比欧洲最早使用生铁早 2000 年。至战国晚期，中国的冶铁技术得到了很大的发展，已经懂得利用生铁退火制造韧性铸铁并且掌握钢的冶炼技术。从秦汉至唐宋时期，我国金属材料技术遥遥领先于世界上的其他地区，这些技术推动了整个世界文明的发展，同时也促进了文化的发展，如百炼成钢和削铁如泥等朗朗上口的成语以其丰富的技术和文化内涵流传至今。

宋元时期古代工匠除了采用炼钢技术以外，还采用了熟铁和生铁合炼的技术。北宋的沈括在《梦溪笔谈》中描述了团钢的制备方法，是“用‘柔铁’盘屈之，乃以‘生铁’陷其间，泥封炼之，锻令相入，谓之‘团钢’”。



在从石器时代进展到铜器时代和铁器时代的过程中，热处理的作用逐渐为人们所认识。早在公元前 770 ~ 公元前 222 年，中国人在生产实践中就已发现，铜铁的性能会因温度和加压变形的不同而变化。

公元前六世纪，钢铁兵器逐渐被采用，为了提高钢的硬度，淬火工艺得到迅速发展。河北省易县燕下都战国晚期遗址出土的两把剑和一把戟，其显微组织中都有马氏体存在，说明是经过淬火的。

在司马迁所著《史记·天官书》中就有“水与火合为淬”；东汉班固所著《汉书·王褒传》中有“巧冶铸干将之朴，清水淬其锋”等有关热处理的记载，说明当时我国人民已经掌握了包括淬火在内的热处理技术。

明清时期，中国古代工匠采用了许多热处理技术，有关的记载很多，最著名的就是明代宋应星的《天工开物》和明代方以智的《物理小识》等。这时期我国工匠在淬火的控制火候上也有所发明，如采用预冷淬火。预冷淬火对减小刀具的畸变、提高刀具的强韧性有益处。《天工开物》中有关于采用预冷淬火技术制锉的记载：“以已健划成纵斜文理，划时斜向入，则方成焰。划后烧红，退微冷，入水健。”其中“退微冷”，就是预冷淬火工艺。

历史证明，中华民族在金属材料的发展史上创造了辉煌的成就，对人类的文明做出了巨大的贡献。但长期以来，人们对金属材料及热处理的认识一直停留在工匠和艺人经验技术的水平上。伴随着现代工业革命的发展，钢铁进入大规模生产阶段，人们对金属材料的认识逐渐深入，将感性认识上升到理性认识的高度，自此，材料科学正式诞生了。1863 年光学显微镜第一次被用于研究金属，英国金相学家和地质学家展示了钢铁在显微镜下的六种不同的金相组织，出现了“金相学”，同时证明了钢在加热和冷却时，内部会发生组织改变。法国人奥斯蒙德确立的铁的同素异构理论，以及英国人奥斯汀最早制定的铁碳相图，为现代热处理工艺初步奠定了理论基础。1912 年 X 射线衍射技术和 1932 年电子显微镜的问世对金属材料及热处理产生了巨大的推动作用，将人类已有的对金属材料的认识带入了更深的层次。如今，金属材料及热处理已经形成完善的学科体系，并继续向更深入的方向发展。

新中国成立后，我国金属材料及热处理取得了快速发展，建立健全了材料工业体系。我国各种金属材料的品种齐全，已能满足国民经济发展的基本要求，2006 年我国的钢产量已达 4 亿吨，高居世界首位。我国将自己生产的金属材料用于升入太空的宇宙飞船、原子弹和氢弹的成功爆炸以及其他领域内的伟大成就都充分体现了我国在金属材料及热处理方面取得的发展和进步。

进入 21 世纪后，伴随着我国国民经济的快速发展，金属材料及热处理的科研和生产又进入新的发展时期，所谓“夕阳行业”的金属材料出现了很多新的特色及增长点，我国金属材料工业包括钢铁材料、非铁金属等传统金属材料在内仍将处于重要的发展阶段，2007 年我国的钢产量达到 5 亿吨，同时各种新材料、新工艺和新技术不断涌现。首先，先进的冶炼技术、精炼技术、铸造技术、连铸连轧技术、成形加工技术和热处理技术在不断提高，微量杂质的技术和微量元素的合金化技术有所创新。其次是开拓金属材料的新功能，以适应更高的使用要求。超高强度钢、超低碳不锈钢等新的合金钢应运而生。再次就是研究和开发新材料，高温合金、形状记忆合金、储氢合金、永磁合金和非晶态合金等新材料相继问世，大大扩展了金属材料的应用范围。近年来，铜、镁和钛三种金属及其合金的应用领域也获得了很大扩展，尤其在电子器械、汽车制造、航海舰船、发电设备和日常生活等领域获得了很多



应用。

四、课程的性质、任务、特点和学习方法

金属材料与热处理是高等职业院校机械类专业重要的技术基础课,尤其是对焊接、铸造和锻压等热加工专业而言,其作用显得更加突出。

本课程的任务是以金属材料的性能为核心,以培养学生的能力为目标,以金属材料与热处理技术的应用为出发点,介绍金属材料的性能与成分、组织结构、加工工艺之间的关系,介绍常用金属材料及其应用等基本知识。

本课程可以分为三个部分,即金属学基本知识,包括金属及合金的结构与结晶、金属的塑性变形与再结晶;钢的热处理;常用的金属材料,包括钢、铸铁和非铁金属及其合金。

本课程既有一定的理论性,又有较强的应用性,各种概念和名词术语众多。因此,在学习时,应认真听讲,在记忆的基础上,注重理解、分析和应用,并注意前后内容的衔接与综合应用。除理论学习,要注意密切联系生产和生活实际,运用如杂志和互联网等各种学习方式,广泛涉猎,勤动手,认真做好各项实验,完成各项作业。

在教学中应多采用直观教学、现场教学、多媒体教学和启发教学等,增加课堂教学的信息量和利用效率,培养学生的自学能力和思维能力,为后续专业课的学习打下良好的基础。

第一单元 金属材料的性能

【学习目标】 通过本单元的学习，了解有关金属材料的一些性能指标的含义和使用范围等内容；准确理解有关名词的定义和范围；学会运用学到的知识对日常生活中的现象进行思考和分析，将自己的感性认识与教学内容相联系，以帮助理解和认识。

综合知识模块一 金属的物理性能与化学性能

金属的物理性能表示的是金属固有的一些属性，如密度、熔点、热膨胀性、磁性、导电性与导热性等。金属的化学性能是指金属在室温或高温时抵抗各种化学介质作用所表现出来的性能，包括耐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。

能力知识点 1

金属的物理性能

一、密度

在一定的温度下，单位体积材料的质量称为材料的密度。对于运动构件，材料的密度越小，消耗的能量越少，效率越高。元素周期表中原子序数越小的元素，其密度越小。一般将密度小于 4.5g/cm^3 的金属称为轻金属，密度大于 4.5g/cm^3 的金属称为重金属。

二、熔点

熔点是指材料的熔化温度。金属都有固定的熔点，常用金属的熔点见表 1-1。一般来说，材料的熔点越高，材料在高温下保持强度的能力越强。在设计高温条件下工作的构件时，需要考虑材料的熔点。金属中熔点较高的称为难熔金属（如钨、钼和钒等）。难熔金属可以用来制造耐高温零件，在燃气轮机、航空航天等领域有广泛的应用。熔点低的金属称为易熔金属（如锡和铅等），可用来制造熔丝和防火安全阀等零件。

三、热膨胀性

大部分固体材料在加热时都发生膨胀，材料的热膨胀性通常用线胀系数表示。它是指材料在加热时单位长度的材料在温度升高 1°C 时的伸长量。特别精密的仪器要考虑选择线胀系数低的材料，或在恒温条件下使用。在材料的加工过程中更要考虑材料的热膨胀现象。如果表面和内部热膨胀不一致，就会产生内应力，当这种内应力超过材料的屈服强度时，材料就会发生塑性变形，当内应力超过了材料的抗拉强度时，材料就会发生破坏。



表 1-1 常用金属的物理性能

金属名称	符号	密度 (20℃) / (g · cm ⁻³)	熔点/℃	热导率 λ / [W/ (m · K)]	线胀系数 (0 ~ 100℃) α ₁ / (10 ⁻⁶ ℃ ⁻¹)	电阻率 (0℃) ρ/ (Ω · m) × 10 ⁻⁸
银	Ag	10.49	960.8	418.6	19.7	1.5
铝	Al	2.70	660.1	221.9	23.6	2.66
铜	Cu	8.96	1083	393.5	17.0	1.67 (20℃)
铬	Cr	7.19	1903	67	6.2	12.9
铁	Fe	7.84	1538	75.4	11.76	9.7
镁	Mg	1.74	650	153.7	24.3	4.47
锰	Mn	7.43	1244	4.98 (-192℃)	37	185 (20℃)
镍	Ni	8.90	1453	92.1	13.4	6.84
钛	Ti	4.51	1677	15.1	8.2	42.1 ~ 47.8
锡	Sn	7.30	231.91	62.8	2.3	11.5
钨	W	19.30	3380	166.2	4.6 (20℃)	5.1
铅	Pb	11.34	327.50	34.8	29.2	20.68

四、磁性

金属在磁场中被磁化而呈现磁性强弱的性能称为磁性。根据在磁场中受到磁化程度的不同,金属材料分为铁磁性材料、顺磁性材料和抗磁性材料。

- (1) 铁磁性材料 在外加磁场中,能强烈被磁化的金属材料,如铁、钴和镍等。
- (2) 顺磁性材料 在外加磁场中呈现十分微弱的磁性的金属材料,如锰、铬和钼等。
- (3) 抗磁性材料 能够抗拒或减弱外加磁场磁化作用的金属材料,如铜、金、银、铅和锌等。

在铁磁性材料中,铁及其合金(包括钢和铸铁)具有明显磁性。镍和钴也具有磁性,但远不如铁。铁磁性材料可用于制造变压器、电动机和测量仪表等。抗磁性材料则可用于要求避免电磁场干扰的零件和结构件等。非金属材料一般无磁性。

五、导热性

材料的导热性用热导率 λ 表示。材料的热导率越大,说明导热性越好。一般来说,金属材料越纯,其导热能力越强,金属的导热能力以银为最好,铜、铝次之。常用金属的热导率见表 1-1。金属材料与合金的热导率远高于非金属材料。导热性是金属材料的重要性能之一。导热性好的材料其散热性也好,可用于制造热交换器等传热设备的零部件。在制订各类热加工工艺时,也必须考虑材料的导热性,以防止材料在加热或冷却过程中,由于表面和内部产生温差,膨胀不同形成过大的内应力,引起材料变形或开裂。

六、导电性

材料的导电性一般用电阻率 ρ 表示。通常金属的电阻率随温度升高而增加,而非金属材料则与此相反。金属一般具有良好的导电性,银的导电性最好,铜、铝次之。导电性与导热





性一样,是随合金成分的复杂化而降低的,因而纯金属的导电性总比合金好。常用金属的电阻率见表 1-1。高分子材料一般都是绝缘体,但有的高分子复合材料也有良好的导电性。陶瓷材料虽然也是良好的绝缘体,但某些特殊成分的陶瓷材料却是有一定导电性的半导体。

能力知识点 2 金属的化学性能

一、耐蚀性

金属在常温下抵抗氧、水及其他化学介质腐蚀破坏作用的能力称为耐蚀性。金属的耐蚀性是一个重要的性能指标,尤其对在腐蚀介质(如酸、碱、盐和有毒气体等)中工作的零件,其腐蚀现象比在空气中更为严重。在选择材料制造这些零件时,应特别注意金属的耐蚀性,要选用耐蚀性良好的金属或合金制造。

二、抗氧化性

金属在加热时抵抗氧化作用的能力称为抗氧化性。随温度升高,金属的抗氧化性降低,例如钢材在铸造、锻造、焊接和热处理等热加工作业时,氧化比较严重。金属氧化不仅造成金属材料的过量损耗,也是形成各种缺陷的主要原因。采用真空加热的热处理工艺,可以减少或避免金属材料发生氧化。

三、化学稳定性

化学稳定性是金属的耐蚀性与抗氧化性的总称。金属在高温下的化学稳定性称为热稳定性。在高温下工作的设备(如锅炉、加热设备、汽轮机和喷气发动机等)部件,需要选择热稳定性好的耐热钢等材料制造。

综合知识模块二 金属的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在受外力作用时所表现的行为。这种行为通常表现为金属的变形和断裂。因此,金属材料的力学性能可以理解金属材料抵抗外加载荷引起的变形和断裂的能力。

在各种工程结构及机械产品中,大多数构件或机械零件都是用金属材料制成的,并在不同的载荷与环境下服役。如果金属材料对变形和断裂的抗力与服役条件不相适应,就会使构件失去预定的效能而损坏,即产生所谓“失效现象”。常见的失效形式有断裂、磨损、过量弹性变形和过量塑性变形等。从零件的服役条件和失效分析出发,找出各种失效抗力指标,就是该零件应具备的力学性能指标。显然,掌握材料的力学性能不仅是设计零件、选用材料时的重要依据,而且是对产品的工艺进行质量控制的重要参数。当外加载荷的性质、环境的温度与介质等外在因素不同时,对金属材料力学性能的要求也不同。

常用的力学性能指标有强度、刚度、弹性、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳等。下面分别讨论各种力学性能及其指标。

能力知识点 1 强度、刚度及弹性

强度和刚度等是金属材料极为重要的力学性能指标,一般采用拉伸试验法测定。为便于



不同材料的强度进行对比，拉伸试验所用试样的尺寸与形状应符合国家标准的规定，如图 1-1 所示为拉伸试样示意图，图中 d_0 为圆形试样直径， L_0 为标距长度。试样分两种，一种为长试样 ($L_0 = 10d_0$)，一种为短试样 ($L_0 = 5d_0$)。试验时把金属试样装夹在如图 1-2 所示的万能试验机上，然后逐渐施加拉伸载荷，直至把试样拉断为止。根据试样在拉伸试验中承受的载荷和产生的变形量之间的关系，可测出该金属的拉伸曲线，从而测定材料的强度和刚度等。

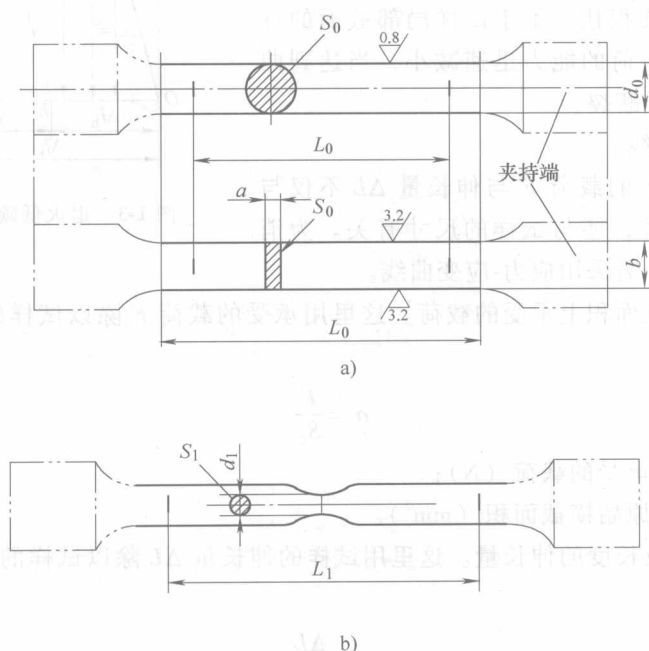


图 1-1 拉伸试样示意图

a) 拉伸前 b) 拉伸后

一、拉伸曲线与应力应变曲线

1. 拉伸曲线

图 1-3 为退火低碳钢的拉伸曲线。如图所示，低碳钢在拉伸过程中，可分为弹性变形、塑性变形和断裂三个阶段。在弹性范围内大多数材料服从胡克定律，即变形与受力成正比。当试样开始受力时，因夹持力较小，其夹持部分在夹头内有滑动，故图中开始阶段的曲线斜率较小，它并不反映真实的载荷-变形关系；载荷加大后，滑动消失，材料的拉伸进入弹性阶段。当载荷不超过 F_e 时，拉伸曲线近乎为一直线，表示受力不大时试样处于弹性变形阶段，若卸除载荷，试样能完全恢复到原来的形状和尺寸。当载荷继续增加时试样将

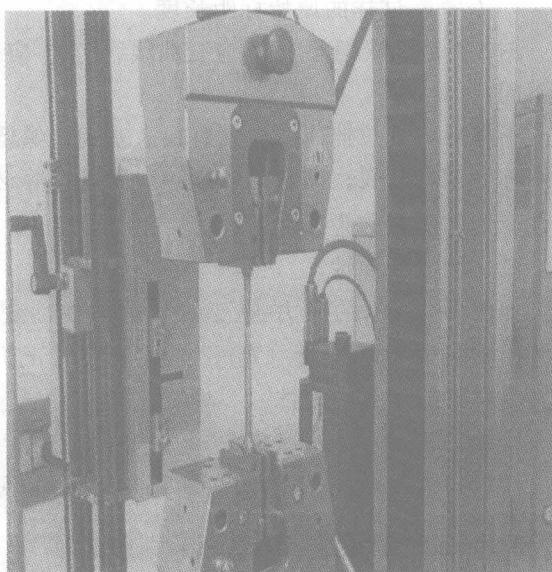


图 1-2 万能试验机