

高等学校教材

G A O D E N G X U E X I A O J I A O C A I

第 二 版

工程材料

潘 强 (大学机械类和近机械类专业用)

朱美华

童建华

编 著

高等学校教材

工 程 材 料

-33

(第 二 版)

(大学机械类和近机械类专业用)

潘 强 朱美华 童建华 编著

上 海 科 学 技 术 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

工程材料/潘强,朱美华,童建华编著. —2版.

上海:上海科学技术出版社, 2005.9

ISBN 7-5323-8185-4

I. 工... II. ①潘...②朱...③童... III. 工程材料 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 095759 号

世纪出版集团 出版、发行

上海科学技术出版社

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20.5

字数 478 000

2005 年 9 月第 2 版

2005 年 9 月第 2 次印刷

印数 3 101-5 400

定价: 40.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

第二版前言

工程材料是高等学校机械类和近机械类各专业必修的一门技术基础课。科学技术的发展,使工程材料课的内容越来越丰富,剧烈冲击着传统的教学内容和教学方式。随着教学改革的深入发展,大学生的培养目标已明确为拓宽基础、淡化专业、提高综合能力。为了适应高等教育的改革,需要压缩课程的学时数,要解决这个矛盾,最重要的是优化教学内容,编写新的教材。

根据课程教学指导小组制订的最新的教学大纲和教学要求的基本精神,工程材料课程的任务是从应用目的出发,论述工程材料的基本理论,介绍常用工程材料的成分、工艺、组织、结构与性能之间的关系及其应用等基本知识。

根据这个基本精神,本教材在保留第一版内容的基础上做了大量的修改工作:

1. 修改了符号与文字上的差错;
2. 重画了部分插图;
3. 补充和修改了部分内容。

经过这次的修改与增补,使教材内容有所更新,内容更完备,概念更清楚,更有利于教和学。

本教材在编写过程中还注意了教材体系问题。编者本着改革的愿望,力图使工程材料教材体系符合机械类和近机械类各专业的培养目标。

本教材第二版,由同济大学潘强主编(绪论、第一章至第六章、第八章、第十章大部分、第十一章),编者还有同济大学朱美华(第七章、第十章部分内容)和同济大学童建华(第九章)。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2005年7月

第一版前言

这次我们编写的《工程材料》教材,是参照了三年前编写的讲义改编而成的,也是按照国家教委的教学基本要求和教学改革的精神,并结合我们十多年的教学经验和原讲义试用的实际情况编写而成的。编者本着改革的愿望,力图使《工程材料》教材符合新的教改形势下的机械类各专业的培养目标。本《工程材料》教材具有如下特点:

1. 纠正了传统教材一些严重弊病,逻辑性强,易学易懂

本教材纠正了传统教材在讲述金属材料基本理论时常见的一些弊病,即对一些重要的概念未讲清楚,或讲得有矛盾;对某些重要的理论的讲述未抓住本质和规律。这使得机械类专业的学生对诸如冷变形金属材料的回复过程、相、组织、二元合金相图的分析、钢的冷却过程的组织转变等基本概念和基本理论感到难以理解。

本教材是为机械类专业学生编写的,本课程要求机械专业的学生重点掌握材料的性能,以便学会选择和应用材料。虽然这种掌握应以材料的成分、工艺、组织结构与性能和应用之间的辩证规律为基础,但是不能以对材料专业学生的要求来过分要求机械类专业的学生。因此,本教材在许多内容是粗线条地描绘这些辩证规律,而不过分强调某些理论性的细节内容。当然这种简化,是为了浅显易懂。

此外,本教材以成分—工艺—组织结构—性能—选材及应用为主线,层层展开,有节奏地推进,并注意教材内容横向的各种联系,使教材内容的条理清楚,便于学习。

2. 扩大了知识面,优化了教材内容

在本教材的内容上,结合了生产实际和材料科学的新发展,精练和压缩了传统的金属材料方面的内容,增加了非金属材料、功能材料和表面强化等新材料、新技术方面的内容和比重,并强化了选材和材料应用方面的知识,特别是非金属材料选用,以适应新的教学要求。

3. 把教材内容分为基本内容和扩充内容,方便教与学

基本内容在多数情况下是学生必需要学习的,它是以基本够用为标准的。而扩充内容可由教师选择讲授或学生在课外自学。这可以加深学生对基本知识的掌握和扩大知识面,方便教与学,而又不增加学时数。此外,由于这种划分,使本教材既方便地适用于 36 学时课时数的教学,也方便地适用于 54 学时课时数的教学。

教材每一章后附有一定数量的习题,以利于学生进一步掌握所学的知识。

4. 计量单位和名词标准化

计量单位统一采用国际单位制(SI),并以国际代号表示。材料牌号等都采用新的国家标准。

本教材的绪论、第一章至第六章、第八章和第十一章由同济大学潘强编写,第七章由同

济大学朱美华编写,第九章由同济大学童建华编写,第十章由潘强、朱美华共同编写。全书由潘强主编,并由参编者互相审阅。此外,部分金相照片由同济大学孙焕新提供。

本教材得到了同济大学教材、学术著作出版基金委员会资助,并被列为同济大学“十五”规划教材。同济大学金洵浩教授对本教材的编写提出了不少宝贵的意见。本教材参考并引用了一些有关专著、教材资料和插图等。这里一起深表谢意。

由于编写水平有限,时间仓促,教材中的缺点和疏漏难免,恳请读者批评指正。

编 者

2003 年 4 月

目 录

绪论	1
第一章 工程材料的力学性能	6
第一节 静载时材料的力学性能	6
一、拉伸试验	6
二、弹性和刚性	7
扩充知识 1.1 刚度的概念	7
三、强度	7
扩充知识 1.2 零件设计的强度条件	8
扩充知识 1.3 屈强比	9
四、塑性	9
扩充知识 1.4 应力-应变曲线的综合分析	9
扩充知识 1.5 某些工程材料的应力-应变曲线	10
扩充知识 1.6 金属材料冷弯性及弯曲试验简介	11
五、硬度	12
扩充知识 1.7 维氏硬度	13
扩充知识 1.8 显微硬度	14
扩充知识 1.9 几种硬度之间及硬度与强度的经验换算	14
第二节 动载时材料的力学性能	15
一、冲击韧性	15
扩充知识 1.10 冲击韧性的应用	17
二、疲劳强度	17
扩充知识 1.11 多冲抗力(冲击疲劳)	19
第三节 断裂韧性及其评定	20
一、断裂韧性	20
二、断裂韧性的评定	20
第二章 金属的晶体结构与结晶	23
第一节 金属的晶体结构	23
一、晶体的概念	23
二、常见的金属晶格	24
三、晶体的各向异性	25
第二节 实际金属的组织结构	25
一、多晶体结构	25
二、晶格缺陷	27

第三节 金属的结晶	28
一、结晶的概念	28
二、金属的结晶过程	29
三、影响晶粒大小的因素	30
扩充知识 2.1 形核率与晶核长大速率	31
扩充知识 2.2 金属铸锭的组织特点	31
四、金属的同素异晶转变	33
第三章 二元合金与相图	35
第一节 固态合金中的相结构及组织概念	35
一、合金的相结构	35
二、固态合金的相结构	37
第二节 二元合金相图	39
一、相图的基本知识	40
二、二元共晶相图	45
扩充知识 3.1 包晶相图简介	53
三、相图与性能的关系	54
第四章 铁碳合金	57
第一节 铁碳合金的基本相	57
一、铁素体	58
二、奥氏体	58
三、渗碳体	58
第二节 Fe-Fe ₃ C 相图分析	58
一、上半部分相图的分析	58
二、下半部分相图的分析	61
三、小结	63
第三节 典型铁碳合金的平衡结晶过程及组织	64
一、铁碳合金分类	64
二、典型铁碳合金的平衡结晶过程	65
扩充知识 4.1 典型成分的白口铸铁平衡结晶过程	69
三、含碳量对铁碳合金的组织 and 性能的影响	71
扩充知识 4.2 Fe-Fe ₃ C 相图的应用及局限性	73
第四节 碳钢	75
一、常存杂质对碳钢性能的影响	75
扩充知识 4.3 蓝脆和氢脆现象	75
二、碳钢的分类	76
三、碳钢的编号和用途	77
扩充知识 4.4 专用优质碳素钢	81
第五章 金属的塑性变形与再结晶	84
第一节 金属的塑性变形	84

一、金属单晶体的塑性变形	84
扩充知识 5.1 分析金属单晶体的塑性变形	86
二、金属多晶体的塑性变形	88
扩充知识 5.2 金属多晶体的塑性变形过程	90
第二节 塑性变形对金属组织和性能的影响	90
一、塑性变形对金属组织的影响	90
二、塑性变形对金属性能的影响	91
扩充知识 5.3 产生加工硬化的原因	92
扩充知识 5.4 金属的强度和位错密度之间的关系	92
三、残余内应力	93
第三节 塑性变形金属在加热时的组织和性能变化	94
一、回复	94
扩充知识 5.5 多边形成	94
二、再结晶	95
三、再结晶后晶粒的生长	96
扩充知识 5.6 晶粒的长大过程	96
扩充知识 5.7 再结晶温度和再结晶后的晶粒度	96
扩充知识 5.8 金属的热加工	98
扩充知识 5.9 热加工后的带状组织	99
第六章 钢的热处理	101
第一节 钢在加热时的转变	102
一、奥氏体的形成	102
扩充知识 6.1 奥氏体化的相变过程简介	102
二、奥氏体晶粒的长大	103
扩充知识 6.2 奥氏体晶粒度的概念	104
扩充知识 6.3 影响奥氏体晶粒长大的因素	105
第二节 钢在冷却时的转变	106
一、过冷奥氏体的等温转变曲线	107
扩充知识 6.4 先析相的组织形态	108
二、过冷奥氏体等温转变产物的组织与性能	109
扩充知识 6.5 珠光体的形成过程	109
扩充知识 6.6 贝氏体的形成过程	110
三、影响 C 曲线的因素	111
四、过冷奥氏体的连续冷却转变及马氏体转变	112
扩充知识 6.7 马氏体的含碳量与组织结构和性能的关系	115
扩充知识 6.8 过冷奥氏体的连续转变曲线(CCT 曲线)	116
第三节 钢的退火和正火	118
一、退火	118
二、正火	121
第四节 钢的淬火与回火	122
一、钢的淬火	122

扩充知识 6.9 热处理加热过程中的主要缺陷及其防止方法	123
扩充知识 6.10 冷处理	127
扩充知识 6.11 变形与开裂	127
二、钢的回火	128
扩充知识 6.12 关于低温回火的几点补充说明	131
扩充知识 6.13 提高钢铁材料强韧性的部分淬火、回火新工艺简介	133
三、钢的淬透性	134
扩充知识 6.14 淬透性的测定与表示方法	136
扩充知识 6.15 淬透性曲线的应用	138
第五节 热处理工艺与零件结构的关系	140
一、热处理对零件结构工艺性的要求	140
二、热处理技术条件的标注	142
扩充知识 6.16 热处理工艺代号的国家标准	144
三、热处理工艺位置的安排	147
第六节 钢的表面热处理	148
一、表面淬火	148
扩充知识 6.17 火焰加热表面淬火	150
二、钢的化学热处理	151
扩充知识 6.18 渗碳件的淬火方法和组织简介	153
三、几种常用的表面热处理的比较	156
扩充知识 6.19 热处理新技术简介	157
第七章 合金钢	165
第一节 合金元素在钢中的作用	165
一、合金元素对钢中基本相的影响	165
二、合金元素对 Fe-Fe ₃ C 相图的影响	167
三、合金元素对热处理的影响	167
扩充知识 7.1 合金元素对合金钢中奥氏体化的四个过程的影响	168
第二节 合金钢的分类及编号	170
一、合金钢的分类	170
二、钢的编号方法	170
第三节 合金结构钢	171
一、低合金高强度结构钢	171
二、渗碳钢	174
三、调质钢	176
四、弹簧钢	178
五、滚动轴承钢	179
扩充知识 7.2 易切削结构钢	182
扩充知识 7.2 新钢种	182
第四节 合金工具钢	184
一、刀具钢	184
二、模具钢	188

三、量具钢	189
第五节 特殊性能钢	190
一、不锈钢	190
二、耐热钢	194
三、耐磨钢	196
第八章 铸铁	199
第一节 概述	199
一、铸铁的化学成分	199
二、铸铁的石墨化	199
三、铸铁的分类	201
四、铸铁的性能	202
第二节 灰口铸铁	203
一、灰口铸铁的成分	203
二、灰口铸铁的组织	203
三、灰口铸铁的牌号	203
四、灰口铸铁的热处理	204
第三节 可锻铸铁	205
一、黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁	205
二、白心可锻铸铁	206
三、可锻铸铁的牌号,性能及用途	206
第四节 球墨铸铁	208
一、球墨铸铁的化学成分和球化处理	208
二、球墨铸铁的组织 and 性能特点	208
三、球墨铸铁的牌号和应用	209
四、球墨铸铁的热处理	209
第五节 蠕墨铸铁	211
一、蠕墨铸铁的组织 and 性能特点	211
二、蠕墨铸铁的生产	211
三、蠕墨铸铁的热处理	211
四、蠕墨铸铁的牌号和用途	211
第六节 合金铸铁	212
一、耐磨铸铁	212
二、耐热铸铁	213
三、耐蚀铸铁	213
第九章 有色金属及其合金	215
第一节 铝及铝合金	215
一、纯铝	215
二、铝合金的分类与时效	215
三、形变铝合金	217
四、铸造铝合金	218

第二节 铜及铜合金	220
一、纯铜	220
二、黄铜	221
三、青铜	223
第三节 钛及钛合金	224
一、纯钛	225
二、钛合金	225
第四节 轴承合金	226
一、对轴承合金性能的要求	227
二、轴承合金的组织特点	227
三、常用的轴承合金	227
第十章 工程非金属材料	231
第一节 高分子化合物的基本知识	231
一、高分子化合物的组成及性能特点	231
扩充知识 10.1 高分子化合物的聚合方法	232
二、高分子化合物的结构特点	233
扩充知识 10.2 高分子化合物的结构	236
三、高分子化合物的物理状态	238
扩充知识 10.3 线型结晶态高聚物和体型高聚物的力学状态简介	240
四、高分子材料的性能简介	241
扩充知识 10.4 高分子材料的黏弹性	242
扩充知识 10.5 高分子材料的改性	243
扩充知识 10.6 高分子材料防老化的途径	245
五、高分子材料的应用特点简介	245
第二节 工程塑料	246
一、塑料的组成	246
二、塑料的分类	246
三、塑料的一些主要性能特点	247
扩充知识 10.7 塑料的性能及技术性能指标	247
四、常用工程塑料简介	252
扩充知识 10.8 MC 尼龙和改性 MC 尼龙简介	253
扩充知识 10.9 其它一些工程上常用的塑料简介	256
扩充知识 10.10 塑料的成型和加工简介	261
第三节 橡胶	263
一、工业橡胶的组成	263
二、几种常用橡胶	264
第四节 陶瓷	265
一、陶瓷的分类	265
二、陶瓷的组织结构	266
三、陶瓷的性能	267
扩充知识 10.11 陶瓷增韧的途径	268

四、常用工程结构陶瓷材料	268
扩充知识 10.12 碳化物基金属陶瓷	270
第五节 复合材料	271
一、复合材料概述	271
二、复合材料的增强机理和复合原则	273
三、常用复合材料	274
扩充知识 10.13 金属基复合材料和陶瓷基复合材料简介	275
扩充知识 10.14 纳米材料简介	276
扩充知识 10.15 功能材料简介	279
第十一章 机械零件的选材	287
第一节 选材的一般原则	287
一、零件的使用性能与选材的关系	287
扩充知识 11.1 零件失效的具体原因	288
扩充知识 11.2 失效分析的步骤	289
二、材料的工艺性能与选材关系	293
三、经济性与选材的关系	294
第二节 典型零件的选材	294
一、轴的选材与工艺	294
二、齿轮的选材与工艺	298
三、箱体类零件的选材和工艺	300
扩充知识 11.3 塑料的选用	301
参考文献	311

绪 论

一、材料科学的形成概要

材料是人类制作各种产品的物质,是人类赖以生存的物质基础。人类在发展材料和认识材料的生产活动中积累了丰富的经验,为材料科学的形成奠定了基础。

我们的祖先对材料的发展作出了杰出的贡献。约在六七千年之前就开始人工制作陶器。到东汉时期出现了瓷器,并先后传到世界各地,对世界文明产生了很大的影响。瓷器已成为中国文明的象征。早在 4000 年前,我国就开始使用青铜,到殷商时期(公元前 1562 ~ 1066 年)我国的青铜冶炼技术已达到很高的水平。例如,重达 875kg 的殷商文物——司母戊大方鼎,花纹精巧,造型精美。由使用青铜器过渡到使用铁器是生产工具的重大发展。我国早在周代就开始了冶炼铁,这比欧洲要早 2000 年。到春秋战国时期(公元前 770 ~ 221 年),开始大量使用铁器。从兴隆战国铁器遗址中挖掘的浇注农具的铁模,说明当时的冶铸技术已由泥砂造型水平进入了金属造型的高级阶段。在西汉时期,炼铁技术又有了很大提高,采用煤作为炼铁燃料,这要比欧洲早 1700 多年。此外,在采用先炼铁后炼钢的两步法炼钢技术方面,我国要比其他国家早 1600 多年。相应地在金属加工技术方面,我国古代也有高度的发展,留下了大量的文物和历史文献。直到 17 世纪以前,在材料的生产、加工和使用方面,我国一直处于世界领先地位。我们勤劳智慧的祖先为材料的发展作出了巨大的贡献。

约从公元前 1000 多年,铁器逐渐地从亚洲大地传到了文明古国巴比伦、埃及和希腊,并得到了广泛的应用。炼铁技术经过了许多世纪的传播和发展,并在西欧和俄国创造了不少冶炼技术,使以钢铁为代表的材料生产和应用,跨进了一个新的阶段。但是人们对材料的认识仍然是表面的、非理性的,还是停留在工匠、艺人的经验技术的水平。

18 世纪后,在欧洲兴起的工业革命,对金属材料的需求和质量的要求越来越高。这种需求,促使了显微镜在金属研究中的应用,并在化学、物理、材料力学等学科的基础上产生了一门新的学科——金属学。它是研究金属材料的化学成分、微观组织结构与性能之间关系的一门科学,同时它还研究制取和使用金属材料的有关知识。这时人们对材料的认识,才进入了理性认识阶段——材料的微观世界。尔后,由于 X 射线技术、电子显微镜等新仪器和新技术的发明和应用,以及与材料有关的基础学科(固体物理、量子力学等)的发展,将人们对材料微观世界的认识带入了更深的层次,推动了材料研究的深入发展。

进入 20 世纪以来,随着现代科学技术和生产的飞跃发展,传统的金属材料已不能满足各种要求,因而促进了非金属材料的迅猛发展,并得到了广泛的应用。在机械工程中,高分子材料和复合材料的应用日益广泛,具有特殊性能的陶瓷材料也显露锋芒,许多原来用金属材料制造的零件正逐渐被非金属材料所替代。近 20 年来,金属材料和非金属相互渗透,并相互促进,组成了一个门类繁多的完整的材料体系,即材料科学。其任务是研究材料的成分、组织结构与性能之间的关系,以及研究制取和使用材料的有关知识。

尽管我国古代在材料的发展史上有过辉煌的成就,但是由于长期的封建统治,劳动人民

的生产经验得不到重视,不可能得到及时的总结和提高。再加之近百年来受帝国主义的侵略和压迫,使我国的材料工业处于落后状态。

新中国成立之后,我国的材料工业得到了迅速发展。目前,我国的钢产量已连续多年超过了1亿吨,居世界第一位,2002年产量达1.8亿吨,2003年产量则将突破2.1亿吨。金属材料的产品已基本能满足国内的需要,非金属材料的产品也有了很大的增长。我国在材料科学方面的成就也很大,例如,在纳米材料的研究和应用方面,我国处于世界领先地位。据不完全统计,目前我国有关纳米材料的专利已有几十项,已有多条纳米材料的生产线投入了生产或者正在开发之中。又例如,在金属材料方面,已结合国情开发了许多新的钢种和新型的金属材料。此外,我国在冶炼和加工工艺的研究、表面技术的开发和研究、失效机理的研究、相变和非平衡或亚稳定相结构的研究等方面,为国民经济和材料科学的发展作出了很大的贡献。并且在不少研究领域已步入世界领先地位,如氢致开裂的机理、断裂过程的研究、马氏体相变热力学、贝氏体相变、稀土合金相图、高温超导、准晶研究等。

二、材料在工程技术领域中的重要作用

随着现代生产和科学技术的迅猛发展,材料、能源、信息已成为现代社会的三大支柱。材料发展虽然离不开科学技术的进步,但科学技术的进步又依赖于材料的发展。

工程材料是指工程上使用的材料。工程材料的性能是影响产品或设备使用性能的重要因素,因此在现代工程技术的各个领域,工程材料一直受到人们的重视。不仅如此,从工程技术的发展历史来看,每一项创造发明能否推广应用于生产,每一项科学理论能否实施于技术应用,适用的材料往往是解决问题的关键。例如,在1957年苏联把第一颗人造卫星送入太空时,美国人震惊不已,认识到在火箭导弹技术上落后了。分析其落后的原因,美国人得出的结论是材料科学落后了,高科技需要先进材料的支持。在其后10多年里,美国10多所大学陆续建立了材料科学研究中心,工程材料的研究范围也由金属扩展到陶瓷和高分子聚合物。

目前世界各国都非常重视材料的研究和发展,它是现代生产和科学技术发展的基础。

三、工程材料的分类

工程材料有许多不同的分类方法。比较科学的方法是按化学成分、结合键的特点分类,即一般将工程材料分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料四大类。

金属材料是以金属键为主要结合键的材料。在工业上把金属材料分为两类:第一类是黑色金属,它包括铁、锰、铬及其合金。其中以铁为基的合金(钢、铸铁和铁合金等)应用最广;第二类是有色金属,是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。按照性能的特点,有色金属可分为:轻有色金属(铝、镁等),重有色金属(铜、铝等),稀有金属(稀土等)等多种。

高分子材料是由分子量特别大的高分子化合物组成的有机合成材料,它的主要成分是碳和氢。按其用途可分为塑料、橡胶和合成纤维。

陶瓷材料属于无机非金属材料,即它是不含有碳、氢的化合物,主要由金属氧化物和金属非氧化物组成。按照成分和用途,陶瓷材料可分为:普通陶瓷、特种陶瓷和金属陶瓷。

复合材料是由两种或两种以上不同种类的材料复合组成的。它不仅保留了组成材料的各自优点,而且具有单一材料所不具备的优异性能。

工程材料的另一种常用的分类方法是按材料的使用性能分类。即分为结构材料和功能材料两类。其中结构材料是以其强度、硬度、塑性和韧性等力学性能为主要性能指标,用来制造支承载荷或传递动力的零件或结构件的材料。它可以包括金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料。而功能材料则以材料的电、磁、热、声等物理性能为主要性能指标,用来制造具有特殊性能元件的材料,如光学材料,超导材料,磁功能材料,储氢材料,形状记忆材料,等等。功能材料在计算机、电子、通信、激光等科学领域起着重要的作用。

目前,在工程上应用最广的仍然是金属材料,特别是钢铁材料。这不仅是由于金属材料的来源丰富、生产成本相对较低,而且性能优良,尤其是它具有较好的综合力学性能,即具有较高的强度、硬度和足够的塑性、韧性。强度大,硬度高,在较大的外力下不易变形和断裂,也不易磨损;塑性和韧性好,脆性小,不易突然断裂或破坏,安全可靠。

虽然高分子材料和陶瓷材料的某些力学性能不如金属材料,但是它们具备了金属材料不具备的某些特性,例如,塑料的成本低,成型加工简单,质轻,并具有优异的耐磨性、减摩性、耐腐蚀性能和电绝缘性;橡胶的高弹性;陶瓷的高硬度、耐磨、耐高温、耐腐蚀性,等等。因此,它们发展很快,应用日益广泛,已成为工程技术领域中不可缺少的甚至不可取代的重要材料。现在全世界每年生产的各种有机合成材料超过了2亿吨,体积是钢铁的2倍,这当中塑料占了大约75%。

由于复合材料集中了各类单纯材料(金属材料、高分子材料及陶瓷材料)的优点,因此曾在20世纪下半叶得到很大进展。人们曾预言,复合材料有可能成为21世纪的“钢”。但只有树脂基复合材料得到较为广泛的应用,而金属基与陶瓷基复合材料则因其成本过高、制造工艺复杂,仅在宇航、航空、军事等领域有重要的应用。复合材料在21世纪仍可望得到进一步发展。

纳米科技是人类认识和改造世界能力的重大突破,必将引发下一场新的技术革命和产业革命,现已成为21世纪科学技术发展的前沿。纳米材料的发现是纳米科技发展的产物。纳米材料被定义为组成它的颗粒至少在一维尺度上小于100纳米的材料。它的比表面积很大,晶界处的原子数占整个晶体原子数的15%~50%。纳米材料包含所有的材料种类,具有不同于块状材料的电学、磁学、光学、热学、化学或力学性能。有许多极有用的新的特性,如高的强度、高的硬度和良好的塑性,以及许多特殊的光、电、磁等性能。纳米材料的研究将大范围地改造了传统材料,又源源不断地创造出新的材料,并开辟了广阔的应用领域。

四、本课程的目的和基本任务

工程材料课是高等学校机械类和近机械类各专业必修的技术基础课,其教学任务和目的是,使学生了解工程材料的基本理论和基本知识,掌握常用的工程材料的种类、成分、组织、性能和改性方法,以具备合理选用常用工程材料的初步能力,为学习其它相关课程及以后从事机械设计和加工制造工作奠定必要的基础。

工程材料课程对机械类和近机械类各专业的学生而言,最主要的是掌握工程材料的性能,以便在机械设计与制造工作中选择和运用工程材料。但是这种掌握必须以材料的成分、工艺、组织与性能之间的关系及其变化规律为基础,以便辩证地掌握材料的性能和应用。因此,本课程的基本任务就是建立常用工程材料的成分、工艺、组织结构与性能之间的关系及其变化规律。这个基本任务是贯串全课程的一条主线,非常重要,因此有必要对这个基本任

务作一些简要的说明,以便使学生一进入这门课,就抓住了这个本质的东西,并通过今后的学习逐渐深化。这样才能学好这门课。

下面先解释几个名词:

1. 性能

工程材料的性能大致可分为两类:使用性能和加工工艺性能。使用性能是指工程材料在使用条件下所表现出来的性能,它包括材料的物理性能、化学性能和力学性能。工程材料使用性能的好坏,决定了它的使用范围与寿命。加工工艺性能是指工程材料在冷热加工条件下所表现出来的性能,它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能、热处理性能,以及高分子材料等制品的成型工艺性能等。工程材料加工工艺性能的好坏决定了它在制造过程中加工成型的适应能力。加工条件不同,所要求的工艺性能也不同。

2. 成分

这是指工程材料所含元素的种类和各元素所占比例。它是决定材料性能的内在因素。

3. 工艺

包括加工工艺(铸、锻、焊、切削、热处理等)及制备工程材料的工艺。本课程主要研究热处理工艺。一般地说,热处理指将工程材料在固态下加热、保温与冷却,获得所需要性能的一种工艺。

4. 组织结构

这是一个复杂的概念,在学习本课程之前,可简单笼统地解释为工程材料的内部构造。

下面简要说明这个基本任务。

工程材料的成分不同,它们的性能就不同。例如,纯铁非常软,强度低。而在纯铁中加入百分之零点几的碳,便成了钢。它的硬度高,强度大。但是成分相同工程材料,通过不同的工艺处理,它们的性能也不同。例如,把 T8 钢(含碳 0.8% 的碳素工具钢)两块,同时加热到 800℃ 左右,保温一段时间后,一块从炉中取出后,立即放入水中急冷(即热处理淬火工艺)、一块放在炉内随炉缓慢冷却下来(即热处理退火工艺),结果前者的硬度比后者的硬度大三到四倍。这说明单从化学成分不足以说明工程材料性能上差异的理由。原来,决定工程材料性能的本质因素是它的内部构造,即组织结构。

材料的组织结构不同,所对应的性能也就不同;材料的组织结构变化了,材料的性能也随之变化了。例如,一般的灰口铸铁组织可以看成是钢的基体上分布着许多片状石墨,石墨是由碳原子组成的一种非金属晶体。与金属基体相比,石墨的力学性能很低。因此铸铁中的石墨,相当于在金属基体上形成了许多“微裂纹”。这对于一般的灰口铸铁而言,不仅减少了金属基体的承载面积,而且由于一般的灰口铸铁中的石墨呈片状,其片状尖端引起的应力集中,使得灰口铸铁的力学性能远低于钢。若通过对铸铁成分作一点改变和采用一些工艺上的措施,则可使铸铁中石墨的形态变为团絮状(即可锻铸铁)或球状(即球墨铸铁)或蠕虫状(即蠕墨铸铁),这大大减少石墨引起的应力集中和切割作用,使铸铁的力学性能得到较大的提高。

在今后的学习中可以知道,成分是决定材料组织结构的内在原因,而工艺过程是决定组织结构的外部原因。成分和工艺的改变,将会引起材料组织结构的变化,因而引起性能的变化。这个关系可简单表示为:

