

GONG CHENG
CAI
LIAO XUE



工程材料学

梁光启 林子为 编著
上海科学技术出版社

工程材料学

梁光启 林子为 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 江苏泗阳印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 468,000

1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷

印数 1—5,000

统一书号: 15119·2529 定价: 4.10 元

内 容 提 要

本书综合介绍了机械工程中常用的金属材料、高分子材料、陶瓷材料及复合材料的基础理论、性能及选材原则。共分六个部分：第一部分为材料科学的发展及其与机械工程的关系；第二部分为材料科学的基础理论；第三部分为材料的弹性、塑性、断裂行为及热、电性能；第四部分为金属材料；第五部分为高分子材料、陶瓷材料和复合材料；第六部分以实例的形式介绍了选材的原则。本书可供高等学校机械类专业选用作教学参考，也可供从事机械设计、制造、运行的技术人员学习参考。

前 言

写这本书是一个大胆的尝试。作者根据在清华大学和中央电视大学讲授“金属材料及热处理”课和“工程材料”课的体会,参考一些科技发达国家理工科大学材料科学课程教材及有关专著,并对国内工程用材情况进行了一些粗浅的调查研究,在此基础上写成了本书。希望它能对“工程材料”课(原“金属材料及热处理”课)的革新起到一点抛砖引玉的作用。

本书内容分以下六个部分:

第1~2章论述了近代材料科学与机械设计、制造、使用的密切关系,并引用了两种设计和两类工艺的概念。

第3~5章从不同的微观层次简要地阐述了近代材料科学基础理论的基本概念和结论,使读者了解原子核外电子的行为及结合键的本质,固体材料结构特点,以及各种相、相图、相转变等对材料组织和性能的影响。同时还分别介绍了成分分析、结构分析和微观形貌观察等方面的近代材料研究方法,以便读者对近代仪器分析手段有一个分层次的、比较全面的认识。

第6~7章介绍了材料的弹性、塑性、断裂行为及热性能、电性能。特别对脆性断裂产生的条件进行了综合评述。

第8~11章是金属材料部分。按铁碳平衡组织和非平衡组织生成条件、变化规律把碳钢、铸铁及钢铁热处理的传统教学内容综合加以阐述。并从使用材料的角度出发,参照国外有关专著,对合金钢进行了分类和介绍。

第12~14章对高分子材料、陶瓷材料及复合材料的基本结构特征和性能特点做了介绍。

第15章从理论和实践结合的角度上讲述了选材原则及其新发展。还通过汽车工作条件和用材分析,对前面各章内容进行小结,并使读者增加一些感性认识。最后,对目前机械行业中工程技术人员关心的有关材料应用的三个问题(强度和韧性的合理匹配、标注硬度的功过及残余应力功过评述)集中进行了阐述。

根据面向四化、面向世界、面向未来的时代要求,本书从体系和内容上都进行了探索:

1. 有选择地增加了近代材料科学理论和试验方法的内容。
2. 既介绍金属材料,也介绍非金属材料。
3. 根据选用材料的需要,着重阐述了材料的各种性能与其成分、组织之间的关系及变化规律。

本书适合高等学校机械工程专业用作教学参考书,也可供从事机械设计、制造、运行的工程技术人员学习参考。

本书第3、4两章和第5章一部分由林子为撰写,其余各章均由梁光启撰写,并对全书总其成。北京钢铁学院赵伯麟副教授,中国科学院物理研究所陈熙琛研究员,清华大学化工系张孝文教授、张桂甲老师,机械系吴德海副教授,汽车工程系刘惟信副教授,以及机械工业部谷九如工程师等,对本书体系构思、章节安排、书稿审阅、提供资料做了许多工作,给予

作者以很大帮助。北京内燃机总厂潘梅峰工程师和航空工业部 602 研究所林乃为工程师也为本书提供了宝贵资料。对上述同志的大力支持,在此一并致谢。

书中一部分照片取自中央电视大学“工程材料”课录相资料。

由于作者水平有限,又是初次尝试,故对于书中的不足之处,恳请读者批评指正。

编著者

一九八四年二月

目 录

前 言

第一章 绪 论

第一节 近代材料的发展、材料科学形成及其在国民经济中的地位..... 1	第二节 材料的分类..... 3
	第三节 材料性能的依据——成分、结构、组织..... 4

第二章 材料和机械工程

第一节 机械设计与材料..... 7	关系.....11
一、设计的基本概念..... 7	第三节 机械产品在服役时的材料问题.....12
二、近代机械设计发展的一个重要特点..... 8	一、机械产品失效的种类.....12
第二节 材料在机械制造过程中的行为.....10	二、失效的防止.....13
一、两类工艺.....10	三、失效分析.....14
二、零件制造的各种工艺过程之间的	

第三章 原子核外电子行为和原子的键合

第一节 原子核外的电子.....15	一、离子键.....24
一、波粒两象性.....15	二、共价键.....25
二、波函数.....15	三、金属键.....28
三、量子数.....16	四、物理键.....29
四、波函数及电子云图象.....17	五、价键四面体.....29
第二节 原子核外电子的排布和周期表.....19	第四节 材料化学成分的近代分析方法介绍.....31
一、原子核外电子的排布.....19	一、宏观分析.....32
二、周期表与元素的性质.....21	二、微观分析——电子探针仪.....33
第三节 原子的键合.....24	三、表面分析.....34

第四章 固 体 结 构

第一节 几何晶体学基础知识.....35	三、各类晶体性能比较.....45
一、空间点阵与晶胞.....35	第三节 实际晶体.....45
二、晶面和晶向的表示方法.....38	一、晶体中的点缺陷.....46
三、晶面间距.....39	二、晶体中的线缺陷——位错.....46
第二节 晶体中原子的排列.....39	三、晶体中的面缺陷——晶界.....49
一、排列的规则.....39	第四节 非晶态结构的几何特征.....50
二、各种类型晶体的原子排列.....40	一、径向分布函数.....50

二、几何模型	51	第六节 固体材料结构分析方法——	
第五节 高聚物的结构特点	52	X 射线衍射分析方法	55
一、高聚物的微观结构	53	一、单晶体的衍射——劳厄法	56
二、高聚物中的结晶区与结晶度	53	二、多晶体的衍射——粉末法	56
三、温度和时间对高聚物的影响	54		

第五章 相、相图、相变

第一节 概述	59	八、三元相图简介	75
一、基本术语	59	第四节 扩散	77
二、系统平衡的热力学条件	60	一、扩散现象及其宏观规律	77
三、时间因素对相转变的影响	60	二、扩散机理	78
第二节 材料中的基本相及其特征		三、影响扩散的因素	79
——固溶体、中间相和非		第五节 凝固与结晶	80
晶相	61	一、纯金属的结晶	81
一、置换式固溶体	62	二、合金的结晶	84
二、间隙式固溶体	64	三、高聚物的凝固与结晶	84
三、中间相	65	第六节 固态转变	85
四、非晶相(玻璃相)	66	一、概述	85
第三节 相平衡及基本相图	66	二、同素异构转变	87
一、概述	66	三、脱溶转变	87
二、单元相图	66	四、共析转变	88
三、二元相图的建立	67	五、非平衡转变	88
四、均晶相图和杠杆定律	69	第七节 材料的显微分析方法	89
五、二元共晶相图	70	一、光学显微镜分析技术	89
六、二元包晶相图	73	二、透射电子显微镜分析技术	91
七、其它二元合金相图	73	三、扫描电子显微镜分析技术	93

第六章 工程材料的力学性能

第一节 弹性	99	复、再结晶后的变化	105
一、虎克定律	99	五、材料的强度及影响因素	109
二、双原子固体模型	100	六、超塑性的概念	111
三、弹性比功及弹性滞后	100	第三节 断裂	112
第二节 塑性	101	一、塑性断裂	112
一、塑性变形的形式	101	二、脆性断裂	113
二、单晶体的塑性变形	103	三、疲劳断裂	116
三、多晶体的塑性变形	104	四、蠕变断裂和应力腐蚀断裂	120
四、塑性变形后的组织、性能及其在回		五、脆化因素	120

第七章 材料的物理化学性能

第一节 材料的电学性能	122	第二节 材料的热学性能	124
一、材料导电的物理本质	122	一、热膨胀及膨胀系数	124
二、材料的导电性能	123	二、热传导	125

三、材料的热容	126	一、氧化	127
第三节 材料的抗腐蚀性能	127	二、腐蚀	127

第八章 铁碳相图及铁碳平衡组织

第一节 铁碳合金系及铁碳相图	129	组织	138
一、铁碳合金系组元	129	第三节 碳钢	140
二、铁碳相图	131	一、铸钢件	141
第二节 典型铁碳合金的结晶	134	二、碳钢的热形变	142
一、共析钢(含碳 0.77%)在缓冷时的结晶 和固态转变后的组织	134	三、碳钢的冷形变	142
二、钢中先共析转变	136	四、碳钢的分类、牌号及用途	143
三、共晶白口铸铁的结晶和固态转变	137	第四节 铸铁	144
四、亚共晶和过共晶白口铸铁的结晶和 固态转变	138	一、概述	144
五、工业纯铁缓冷时的固态转变和		二、石墨化及铸铁组织特征	146
		三、各种铸铁简介	147

第九章 铁碳合金非平衡组织——钢铁热处理

第一节 概述	152	一、回火转变的重要性	164
第二节 钢在加热时转变——奥氏体 的形成	153	二、回火过程及组织的变化	165
一、奥氏体形成过程	153	三、回火转变后的组织及性能	166
二、奥氏体形成的动力学	154	四、回火脆性	167
三、奥氏体的晶粒大小及影响因素	154	第五节 热处理工艺简介	168
第三节 过冷奥氏体的转变	155	一、钢的退火	168
一、过冷奥氏体等温转变曲线	155	二、钢的正火	169
二、过冷奥氏体等温转变机构	157	三、钢的淬火和回火	170
三、珠光体型转变	158	四、钢的淬透性	172
四、贝氏体型转变	158	五、钢的表面改性热处理工艺	174
五、马氏体型转变	160	六、热处理新工艺	177
六、连续冷却转变	163	七、热处理零件的合理结构设计与技术 条件	178
第四节 回火转变及其重要性	164	第六节 铸铁热处理	179

第十章 合 金 钢

第一节 合金钢概述	181	第三节 合金元素对铁碳状态图的影 响	186
一、碳钢的不足和合金钢的出现	181	第四节 合金元素对钢中固态相变过 程及组织的影响	187
二、合金钢分类及编号	182	一、合金元素对奥氏体转变的影响	187
第二节 合金元素对钢中基本相的影 响	183	二、合金元素对过冷奥氏体转变的影 响	187
一、合金元素与铁的作用	183	三、合金元素对马氏体转变的影响	188
二、合金碳化物	183	四、合金元素对淬火钢回火时转变的影	
三、合金钢中的氮化物和氧化物	185		
四、合金钢中的金属化合物	185		

响	188	二、典型钢种及应用	202
第五节 合金元素对钢性能的影响	190	第八节 以耐腐蚀性为主要要求的钢	
一、合金元素对钢常温力学性能的影响	190	材	204
二、合金元素对钢高温力学性能的影响	191	一、概述	204
三、合金元素对钢低温性能的影响	191	二、钢铁的电化学腐蚀及不锈钢	205
四、合金元素对钢物理化学性能的影响	191	三、应力腐蚀及防止	207
五、合金元素对钢工艺性能的影响	194	第九节 以硬度为主要要求的钢材	208
第六节 以强度和韧性为主要要求的		一、轴承钢	208
钢材	195	二、刀具钢	209
一、强度、韧性和断裂	195	三、模具钢	212
二、合金化原则, 热处理特点和组织	196	四、耐磨钢	213
三、典型钢种及应用举例	197	第十节 以耐热性为主要要求的钢材	214
第七节 以可焊性为主要要求的钢		一、如何提高钢材抗氧化性能和高温强	
材	201	度	214
一、可焊性	202	二、耐热钢种类	215

第十一章 有色金属及其合金

第一节 铝及铝合金	218	三、青铜	226
一、纯铝及工业铝合金分类	218	第三节 钛及钛合金	228
二、铝合金的强化特点	220	一、纯钛及钛合金分类	228
三、几种常用铝合金及选用条件	222	二、典型钛合金	229
第二节 铜及铜合金	224	第四节 轴承合金及稀土	231
一、纯铜	224	一、轴承合金	231
二、黄铜	225	二、稀土	232

第十二章 高分子聚合物

第一节 概述	234	第三节 聚合物的流变行为和力学性	
一、什么叫高分子化合物	234	能	246
二、高聚物的人工合成	235	一、玻璃态及玻璃化转变	247
三、高分子的分类和名称	236	二、高弹性(橡胶弹性)	248
第二节 高分子化合物的结构	237	三、粘弹性	248
一、大分子链的结构	238	四、强度和断裂	251
二、大分子间的作用力	240	第四节 聚合物的其它性能	253
三、大分子链的柔性	242	第五节 工程塑料、橡胶、合成纤维	
四、大分子链聚合物的聚集态——晶态		简介	254
与非晶态	243	一、塑料	254
五、提高工程结构用聚合物性能的途		二、橡胶	256
径	245	三、合成纤维	256

第十三章 陶瓷材料

第一节 概述	258	一、陶瓷材料的特点和制备	258
--------------	-----	--------------------	-----

二、陶瓷的分类	259	第三节 陶瓷材料的性能及应用	266
第二节 组成陶瓷的基本相及其变化	259	一、陶瓷材料的力学性能	266
一、晶体相	260	二、陶瓷材料的热性能及高温材料	268
二、玻璃相	264	三、陶瓷材料的电学性能及其应用	269
三、气相	266	四、陶瓷材料的其它性能及应用	270

第十四章 复 合 材 料

第一节 概述	271	第三节 结构复合材料的复合理论简介	273
第二节 复合材料的特点	272	一、连续纤维单向强化复合材料的强度分析	274
一、比强度和比模量	272	二、界面和结合强度	276
二、抗疲劳性能	272	三、裂纹及其对复合材料强度的影响	277
三、减震性能	273		
四、耐高温性能	273		

第十五章 工程材料应用

第一节 选材原则	279	第三节 工程材料应用中的几个问题	290
一、材料的使用性能	279	一、强度和韧性的合理匹配问题	290
二、材料的工艺性能	280	二、标注硬度的功过评述	292
三、经济性因素	280	三、残余应力的功过评述	293
第二节 工程材料选材实例——汽车用材分析	281	参考文献	295
一、汽车性能和材料的关系	281	附录一 美、英、日、联邦德国、苏各国钢号表示法	297
二、汽车的工作状况及受力	282	附录二 国内外常用钢号对照表	305
三、汽车用材	283		
四、典型零件选材及工艺分析	286		

第一章 绪 论

第一节 近代材料的发展、材料科学形成 及其在国民经济中的地位

近三十至五十年内,材料的生产及材料科学理论都得到了迅速的发展。材料的品种、数量和质量成了衡量一个国家科学技术和国民经济水平以及国防力量的重要标志之一。

以下统计数字说明,在世界范围内,近几十年内材料的发展超过了以前的数百年:

(1) 金属材料: 钢铁产量 1910~1920 年十年累计为 7 亿吨, 而 1977 年一年的产量为 7 亿吨; 铝的产量 1940~1950 年的十年累计为 1270 万吨, 而 1977 年一年的产量为 1840 万吨; 铜的产量 1910~1920 年累计为 1130 万吨, 而 1977 年一年的产量为 1040 万吨。

(2) 高分子材料: 1920 年以前只能用化学方法将天然纤维硝化处理后加入樟脑制成赛璐珞。1920 年确立了大分子链结构学说后, 人工合成高分子材料只用了短短几十年的时间, 就其产量和应用领域而言, 目前已成为可以和传统的钢铁材料相匹敌的主要材料。1970 年合成高分子材料的世界总产量已达 4000 万吨(有资料报道, 1982 年世界高分子产量已达一亿吨), 其中塑料 3000 万吨, 已超过当年铝的产量。合成橡胶 583 万吨, 超过了天然橡胶一倍多。统计表明, 1973 年美国高分子体积产量超过了金属产量的总和, 仅塑料一项的体积产量就已超过了钢铁。仅有四十多年历史的塑料赶上了具有二千年历史的钢铁材料本身就可以说明, 前者是有十分强的生命力的。无怪乎有人认为二十一世纪将是高分子材料的时代。

(3) 陶瓷材料: 传统的硅酸盐陶瓷、玻璃、水泥、耐火材料等大量用于建筑、生活用品和艺术品。近三十年来, 由于宇航、原子能、电子工业的发展要求, 出现了除硅酸盐之外的新型无机非金属材料, 它们是氧化物、氮化物、碳化物经过传统的陶瓷生产工艺制成的。这些新型陶瓷已经成为高温材料和各种功能材料的主力军, 成为工程材料领域内的一个主要分支。

(4) 复合材料: 这是一种非常有前途的材料。它集各种材料的优异性能为一体, 充分发挥各材料的潜力。高比强度和高比刚度的复合材料已被用于飞机制造等工业部门。

长期以来, 人们对材料本质的认识是表面的、浮浅的。最初, 每种材料的发展、制造和使用都是要靠工匠人的经验(如听声音、看火候, 或靠祖传秘方等等)。后来, 随着经验的积累出现了“材料工艺学”, 这比工匠的经验进了一大步, 但它只记录了一些制造过程和规律, 一般还是知其然不知其所以然。1863 年光学显微镜第一次被用来研究金属, 从而导致了“金相学”的出现。使人们对材料的观察进入了微观领域。1912 年发现了 X 射线照射晶体时的衍射现象, 从而开始了晶体微观结构的测定。1932 年电子显微镜的发明以及后来出现的各种谱仪把人们对微观世界的认识带入了更深的层次, 如人们在透射电镜下观察到塑性变形金属中的位错运动, 晶格象及原子象。一些与材料有关的基础科学的进展, 也大大推动了材料研究的深化。如化学、量子力学、固体物理等。在这些基础科学发展的基础上, 跨越

多学科“材料科学”逐步形成了。它是研究材料的化学组成和微观结构与材料性能之间关系的一门科学。它从化学的角度研究材料的化学组成、相关关系、化学键及合成方法,从晶体学、固体物理的角度讨论材料的各种性能,同时还研究制取及使用材料的有关工艺问题。材料科学体系见图 1-1。

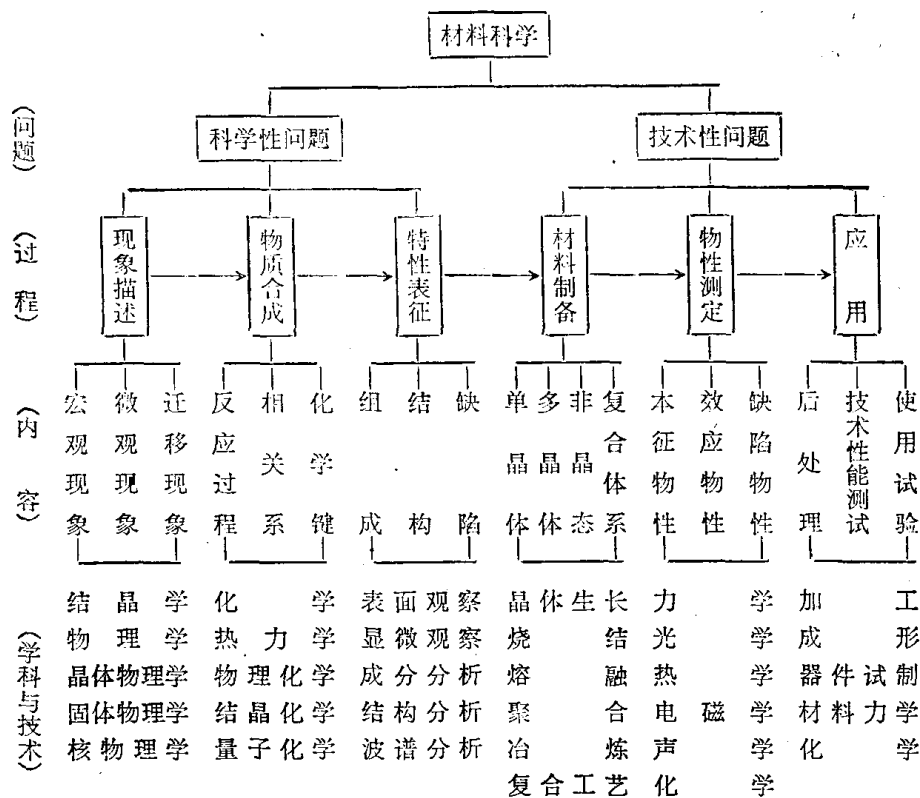


图 1-1 材料科学体系

材料科学的努力目标是按指定性能进行材料的设计。这要求对每种元素、杂质、缺陷以及由它们组成的各种微观结构和相的状态变化规律、与性能之间的关系都有定量的了解。达到上述目标是相当艰巨的。

材料问题对当今世界各国的发展仍然是一个十分主要的课题。例如,能源是举世瞩目的大问题,能源危机的解决,无非是开辟新能源及更有效地合理利用传统能源。这些问题解决过程中碰到的关键问题之一就是材料。太阳能是无污染且取之不尽的理想能源,如果能研制出理想的光谱选择性涂层材料、反射镜材料和用于太阳能电池的材料,就能高效率、高质量地完成光热、光电的能量转换,这将大大提高太阳能在整个能源构成中的地位。在煤的合理利用中,运输煤的能源消耗是个极大的问题,煤矿的坑口发电可减少煤的运输,从而节约能源。但输电线路上的电能损耗也相当可观,平均损失 25% 的电能。如果能找到超导温度高又能工业应用的新型超导材料,那么对传统能源煤的利用将会出现革命性的变化。另外,在煤的汽化研究中,高温下容器的氢致破坏也是关键的难题之一。其它一些近代科学技术领域,如空间技术、信息科学等与材料的紧密关系都是大家所熟悉的。

机械工业为各行各业提供机械装备,从简单的剪刀、扳手到复杂的航天器、智能机械人所有机械都是由多种不同性能的材料加工成的零件组装而成的。很显然,正确的选择和合理使用材料十分重要。从目前我国机械工业情况看,更是如此,仅就钢铁材料使用情况而言,至少存在以下两方面的问题急待解决:

(1) 材料利用率低。表现为机器本身无效重量大,如载重4吨的卡车,国产车自重3.8吨,国外先进车型只自重2.5吨,两者相比,每辆车除多消耗1.3吨材料外,还要为这1.3吨自重消耗大量能源。此外还表现在零件的切削量大,成形零件重量仅为毛坯重量的50~70%,有的还更低。例如1975年我国生产轴承钢24万吨,和日本轴承钢产量差不多,但轴承的产量只有日本产量的十分之一。

(2) 机械产品寿命低,可靠性差。有关部门的统计资料表明,我们每一吨钢作成机器后平均用二年至三年,而国外先进指标是十年。这样一来,我国每年机械系统的钢铁材料要有40%用来作配件,才能保证老机器的继续进行。就汽车而言,国外大修里程为20万公里以上,我们是10万公里。零件的寿命问题非常尖锐,例如柴油机曲轴国内寿命为1000~1500小时,国外先进水平为8000小时;飞机起落架国内寿命为几百次,国外先进水平在万次以上;石油钻机钻头寿命则比国外产品低5~8倍。

我国近年来材料和材料科学的发展很快,成绩很大。原子弹、氢弹爆炸成功、人造地球卫星成功返回地面就是最好的证明,这些成果如果没有相应水平的材料科学和工程的支持是不可想象的。但是,在国民经济的各个方面材料的生产及使用上仍存在着相当大的问题,有待我们去研究和解决。

第二节 材料的分类

由于材料的种类繁多,用途广泛,因此它有许多不同的分类方法:按用途分类(建筑材料、结构材料、电工材料等);按物理性能分类(高强度材料、高温材料、导电材料等);按状态分类(单晶材料、多晶材料、非晶材料等);按物理效应分类(压电材料、铁电材料、激光材料等)。从研究材料的角度,常按化学分类法将材料分三大类(图1-2)。材料按化学分类的性能比较见表1-1。

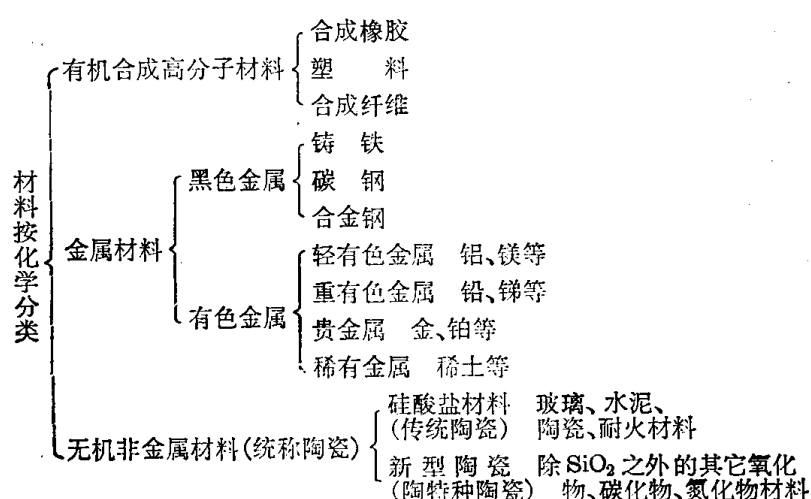


图1-2 按化学分类材料的主要特征及性能

随着近代科学技术的发展,实际工程对材料的要求越来越苛刻,工程技术人员应具备更加广泛的有关各种工程材料的知识,不仅要了解传统的金属材料,也要了解高分子材料和陶瓷材料的基本知识。物理学家普朗克深刻地指出:“科学本来是内在的统一体,它被分解为单独的部门并不是由于事物的本质,而是由于人类认识的局限性,实际上存在着由物理到化

学,通过生物学和人类学到社会科学的连续链条”。材料科学正是将被人们分解为若干领域的各种材料联系起来的综合科学。我们应该放眼于整个材料领域。

表 1-1 材料按化学分类的性能比较

材 料 种 类	化 学 组 成	结 合 键	主 要 特 征
金属材料	金属元素	金属键	有光泽、塑性、导电、导热、较高强度和刚度
高分子材料	碳、氢、氧、氮、氯、氟等	共价键、分子键	轻、比强度高、橡胶具有高弹性、耐磨、耐蚀,易老化、刚度小、耐高温差
无机非金属材料	氧和硅或其它金属的化合物、碳化物、氮化物	离子键、共价键	耐高温、高强、耐蚀、具特殊物理性能(功能),脆、无塑性

第三节 材料性能的依据——成分、结构、组织

从应用材料的角度来看,最关心的是材料的力学性能、物理性能和化学性能。材料所有性能都是其化学组成、内部微观组织结构(内部因素)在一定外界因素作用下的综合反映,它们(内部和外部因素)构成了一个互相紧密联系的系统(图 1-3)。

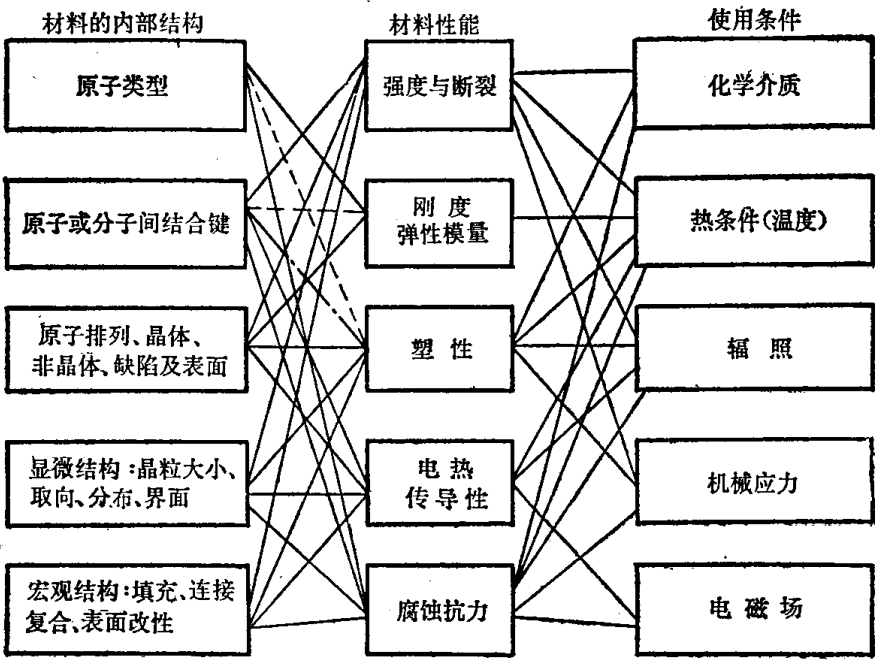
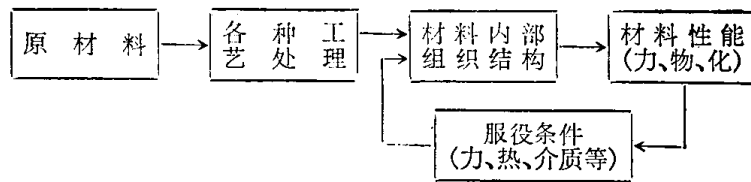


图 1-3 材料的内部结构、性能、使用条件的相互联系

化学组成确定之后,不同层次的内部结构主要由材料所经历的各种工艺过程所决定。当制作成的构件投入使用后,使用条件下的各种因素又会使得材料的上述内部结构发生变化。所有这些内部外部因素的变化都使材料的性能产生相应的变化:

材料的某些性能对内部组织结构及其变化非常敏感,称之为结构敏感性能,如各种力学性能、电阻率等。材料的另一些性能只和化学成分及结合键有关,对组织和结构不甚敏感,如弹性模量、密度、熔点、比热容等。

可见,材料研究所面对的是一个微观领域内动态的而且受多种因素综合作用的课题。从



微观本质上去认识材料, 并且掌握它们与外界条件之间的规律性联系, 进而合理地使用材料
这就是我们研究工程材料的任务。

第二章 材料和机械工程

机械工程是一个含义非常广泛的概念，它几乎包括了国民经济各个领域中的所有机械产品。机械产品可分为如图 2-1 所示的三大类。

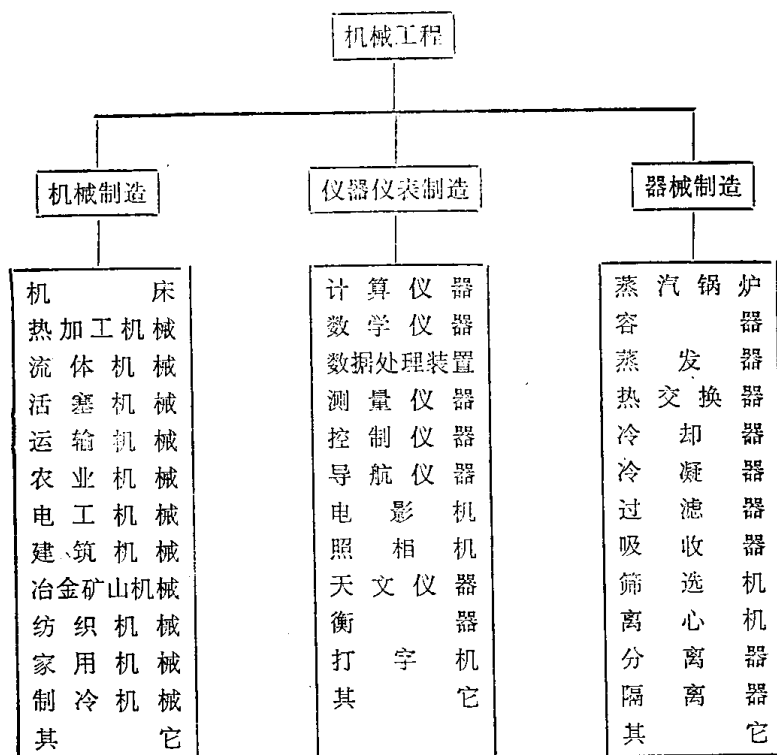


图 2-1 机械产品分类

图 2-1 是按照它们的技术功能进行分类的。机械是以能量传输(能量流)和能量的转换为主的技术系统;仪器仪表是以信息流(信息传输)和信息转换为主的系统;器械是以材料传输(材料流)和材料变换为主的技术系统。

以上各种功能的技术装备随着经济的发展和科技的进步在不断变化。近代机械工程朝着大型、高速、耐高温、耐高压、耐低温、耐受恶劣环境影响等方向发展。这样苛刻的工作条件,要求各种机械装备技术功能优异、产品质量高而稳定、寿命长而可靠,能安全地运行和使用。优质机械装备是以高水平的设计、合理的加工和正确的使用(操作和维护)三者之间的密切配合,才能真正发挥它优异的技术功能,并满足其使用要求的。如果设计失误,加工不当,使用不合理,轻则机械的技术功能下降,重则装备失效甚至酿成事故。图 2-2 是设计、加工、使用对机械的影响示意图。

大量事实说明:机械产品在设计、加工和使用中的许多材料和工艺问题是我国机械产品质量差、寿命低的主要原因之一。从事机械设计、机械制造和机械运行的工程技术人员掌握必要的近代材料科学和材料工程知识,是提高机械产品的质量和寿命的重要因素。本章就材料在机械产品设计、加工和使用过程中的行为和作用进行简要叙述。

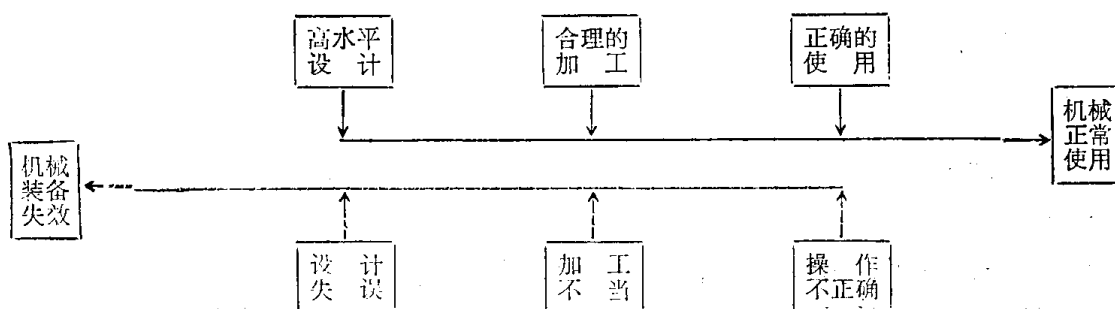


图 2-2 设计、加工、使用对机械的影响

第一节 机械设计与材料

一、设计的基本概念

当提出要设计能够完成某种技术功能的机械产品时，设计者首先要进行工作过程的设计。例如设计一台发动机，需确定功率的大小，体积的大小，汽缸直径，冲程，转速，汽缸数目，燃烧室形式等一系列基本参数。这些参数的确定往往需要经过精确的计算和必要的试验。对几种方案反复比较后才能完成。然后就要进行机械结构的设计，确定整机及主要零部件的形状，尺寸，并画出总体设计图(装配图)和各零件图。在这过程中就选定了每个零件所用材料。上述零件形状和尺寸的设计质量如何，往往比较直观，很容易评定和核验，如运动机构的选择是否合理，尺寸链和公差带是否正确，即使是一些微小的差错也很容易发现。至于每一个零件根据受力和其他工作条件的不同(如温度高低，环境因素作用等)选用什么材料；经过哪些工艺制成；最后使用状态下零件内部的显微组织是什么；能否在规定的寿命期限内正常服役等问题的处理方法，则随设计者的材料科学知识水平的不同，有着很大的差别。不少工程技术人员的传统作法是：别人用什么材料制造类似零件，我也选用相同材料。对于一般零件的选材，这种作法有时可以满足使用要求。但是，由于工作条件不同，或同样材料经不同工艺得到的组织不同，甚至别人的选材方案本身就有问题，这时照抄别人用材方案就是危险的。还有的设计者，在设计零件时，大量选用所谓“万能”的材料，例如 45 号钢。这样一类选材方法对产品质量和寿命带来的不良影响，已被许多质量事故所证实。因为零件使用态的组织是决定机器质量和寿命的主要因素。这一重要问题常被忽视。如我国某厂生产的电冰箱，产品设计合理，各项性能指标都不低于甚至超过日本名牌电冰箱，但寿命低得多。把两种电冰箱致冷泵中的柱塞用金相显微镜和电子显微镜检查分析后发现：日本冰箱致冷泵的柱塞是用优质耐磨铸铁制成，其显微组织是在珠光体基体上分布着极细的片状石墨和一些磷共晶。而我们的柱塞却使用了未做任何处理的普通碳素钢，其组织为耐磨性能较差的铁素体和珠光体。类似的例子是很多的。汽车的大修里程最直接反映了汽车的质量和寿命，国产汽车一般只有 10 万公里，而国外都在 20 万公里以上。1978 年统计我国汽车、拖拉机生产用钢量每年约为 60 万吨，而为了保证正在服役的老车正常运行，生产的各种配件也要用 60 万吨钢，这就是说每造一台新车，就要有一台车的配件。其差距主要就出在材料和工艺上。

从这里不难看出，选择材料和工艺实质是一种极重要的“零件内部组织结构设计*”。它

* 国外有些著作中称之为“材料设计”。