

张天云 陈奎 段红燕 编著

工程选材 综合评价

ZONGHE
PINGJIA

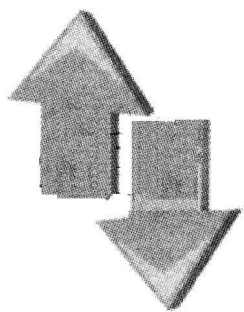


国防工业出版社

National Defense Industry Press

工程选材综合评价

张天云 陈奎 段红燕 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

内容简介

本书将综合评价理论运用于科学合理选材,从系统科学的角度出发,对工程材料评价指标体系的建立、评价指标的处理、评价指标的定量分析、评价指标权重的确定和综合评价方法的选择等环节进行了详细的论述,并对每一环节的不足提出了新的思路和改进,在此基础上,编程实现了工程选材综合评价系统。

本书既可作为工程领域技术人员和管理人员指导选材工作的专门书籍,亦可供从事与决策、评价和优化有关的经济、管理等领域的科研与应用人员参考,也可作为大学高年级学生、研究生的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程选材综合评价 / 张天云,陈奎,段红燕编著. — 北京:
国防工业出版社,2011.5

ISBN 978 - 7 - 118 - 07413 - 0

I. ①工... II. ①张... ②陈... ③段... III. ①工程
材料 - 综合评价 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 077198 号

工程选材综合评价

著 者 张天云 陈奎 段红燕 编著

责任编辑 肖 姝

出版发行 国防工业出版社(010 - 68428422 010 - 68472764)

地址邮编 北京市海淀区紫竹院南路 23 号,100048

经 售 新华书店

印 刷 腾飞印务有限公司印刷

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 13¼

印 数 1 - 3000 册

字 数 300 千字

版 印 次 2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 36.00 元



材料选择是材料科学与工程的重要使命之一,也是工程设计的重要环节,影响着工程设计的全过程,也贯穿于整个产品零构件制造的全过程。在为获得低成本、高性能产品而采用新材料不断替换传统材料的当今社会,选材的重要性日益突出。掌握各种工程材料的特性,采用科学的方法正确地选择材料,已是从事工程设计和制造的工程技术人员所必须具备的一项基本素质。

综合评价,又称为多指标综合评价或多变量综合评价,是统计方法体系的一个重要分支,也是现代管理决策的基础,该方法通过把反映评价对象的多个指标的信息综合起来,得到一个综合指标,由此来反映被评价对象的整体情况,已在众多领域得到了广泛的应用。因此,基于现代选材原则(功能性、工艺性、经济性和环境协调性),针对评价目标,采用综合评价技术,根据影响材料综合性能的多个指标(性能)对众多候选材料进行综合评价,实现科学合理选材,已成为国内外研究的一个热点,也是现代选材的必然趋势。

由于对综合评价理论的认识程度不够深入,理解不够全面,以及综合评价方法本身在诸多方面还存在着不足。目前材料领域(其他领域也大多如此)只是在选材过程中对综合评价方法进行具体的应用,对其存在的不足没有进行完善和改进,使得评价结果难以令人信服。本书在对综合评价理论进行深入研究的基础上,从系统科学的角度出发,将综合评价看成是一个由各个环节构成的有机系统,根据工程选材的特点,对一些环节提出了改进和新的思路,详细介绍了工程选材综合评价的全过程。

有关工程选材综合评价的同类著作,国内甚缺。本书基于工程设计和机械制造的实际需求,结合著者对工程材料和综合评价系统的理解,对运用综合评价实现工程选材进行了系统阐述。本书一方面体现了对综合评价新的理解和新的观点,融入作者近年来最新的研究成果、心得与见解,对综合评价理论中存在的一些不足进行了完善和改进,促进了综合评价在材料领域以及其他领域中的应用。另一方面也着力体现实用性和工程性,采用实例对所提观点、方法进行验证和分析。

本书各章的编著人员如下:张天云编写第3、6、8、9章,陈奎编写第1章和附录,段红燕编写第2、4、5、7章。全书的编著工作由张天云策划、主持与统稿。本书的完成得到杨瑞成教授的大力支持与帮助,在此予以感谢。此外,在撰写过程中,作者查阅和参考了大量国内外出版的有关著作和文献资料,在此一并致谢。

由于水平有限和知识面的局限,书中难免存在错误和不足之处,敬请读者批评指正。

作者

2011.1



第 1 章	工程材料基础知识	1
1.1	工程材料及其分类	1
1.1.1	结构材料和功能材料	2
1.1.2	传统材料和新型材料	3
1.1.3	工程材料的发展趋势	4
1.2	常用工程材料的特征	4
1.2.1	金属材料	4
1.2.2	无机非金属材料	5
1.2.3	高分子材料	6
1.2.4	复合材料	7
1.3	典型工程领域用材情况	9
1.3.1	汽车用材	9
1.3.2	航空航天器用材	11
1.3.3	仪器仪表用材	13
	本章小结	13
	参考文献	14
第 2 章	工程选材背景、原则及常用方法	15
2.1	工程选材背景	15
2.1.1	新产品	15
2.1.2	新产品开发的过程	16
2.1.3	产品设计中的功能与形态	17
2.2	选材原则	18
2.2.1	使用性原则	18
2.2.2	工艺性原则	20
		V

2.2.3 经济性原则	21
2.2.4 环境协调性原则	22
2.3 工程选材常用方法	23
2.3.1 传统选材	23
2.3.2 半经验选材	24
2.3.3 现代选材	24
本章小结	26
参考文献	26

第3章 综合评价概述	28
3.1 综合评价简介	28
3.1.1 综合评价的产生	28
3.1.2 综合评价的发展	29
3.1.3 综合评价的定义	30
3.1.4 综合评价的要素及特点	30
3.1.5 综合评价的目的	31
3.2 综合评价的基本过程	32
3.2.1 评价指标体系的构建	33
3.2.2 评价指标的处理	34
3.2.3 评价指标权重的确定	34
3.2.4 综合评价	35
3.2.5 综合评价过程的实现	36
3.3 综合评价存在的问题	36
3.3.1 方法和技术层面	36
3.3.2 系统思维层面	37
3.4 工程选材综合评价	40
3.4.1 工程选材综合评价的可行性	40
3.4.2 工程选材综合评价的基本过程	41
本章小结	41
参考文献	41

第4章 工程材料评价指标体系的初步构建	43
4.1 评价指标的选取原则	43
4.2 工程材料评价指标体系的结构	44

4.2.1	指标体系的概念	44
4.2.2	指标体系结构的分类	45
4.2.3	工程材料评价指标体系的结构	45
4.3	工程材料评价指标体系的初步构建	46
4.3.1	目标分解法确定评价指标	46
4.3.2	工程材料一般的评价指标体系	47
	本章小结	48
	参考文献	49

第5章	工程材料评价指标的处理	50
5.1	定性指标的量化处理	50
5.1.1	指标的分类	50
5.1.2	定性指标的量化方式	51
5.2	评价指标的同向化	55
5.3	评价指标的无量纲化	56
5.3.1	直线型无量纲化法	56
5.3.2	折线型无量纲化法	60
5.3.3	曲线型无量纲化法	62
5.3.4	无量纲化注意点	64
	本章小结	66
	参考文献	66

第6章	工程材料评价指标的定量分析	67
6.1	工程材料评价指标定量分析的思路	67
6.1.1	评价指标定量分析的内容	67
6.1.2	工程材料评价指标定量分析的思路	69
6.2	基于区分度的评价指标定量分析	69
6.2.1	具体步骤	70
6.2.2	在工程选材应用中的可行性验证	71
6.3	基于相关系数的评价指标定量分析	74
6.3.1	基本原理	75
6.3.2	具体步骤	76
6.3.3	在工程选材应用中的可行性验证	77
6.4	基于累计无关度的评价指标定量分析	80

6.4.1 极大不相关法改进的理论分析	80
6.4.2 具体步骤	81
6.4.3 在工程选材应用中的可行性验证	82
本章小结	86
参考文献	86

第7章 工程材料评价指标权重的确定 88

7.1 Delphi 法赋权	88
7.1.1 Delphi 法的基本过程	89
7.1.2 Delphi 法确定工程材料评价指标的权重	89
7.1.3 Delphi 法的特点及局限	91
7.2 层次分析法赋权	91
7.2.1 层次分析法简介	92
7.2.2 层次分析法赋权的思路	92
7.2.3 层次分析法赋权的具体步骤	94
7.2.4 层次分析法确定工程材料评价指标的权重	95
7.2.5 层次分析法赋权的优缺点	97
7.2.6 Delphi 法与层次分析法的比较	98
7.3 熵权法赋权	98
7.3.1 熵理论简介	98
7.3.2 熵权法的具体步骤	99
7.3.3 熵权法的改进	100
7.3.4 熵权法确定工程材料评价指标的权重	101
7.4 标准离差法赋权	103
7.4.1 基本思想	103
7.4.2 标准离差法赋权的具体步骤	104
7.4.3 标准离差法确定工程材料评价指标的权重	104
7.4.4 客观赋权法在工程选材中的适用性探讨	105
7.4.5 客观赋权法的特点及局限	107
7.5 BP 神经网络法赋权	107
7.5.1 人工神经网络简介	107
7.5.2 BP 神经网络法赋权的具体步骤	109
7.5.3 BP 神经网络法确定工程材料评价指标的权重	111
7.5.4 BP 神经网络法赋权的特点及局限	114

7.6 组合赋权	114
7.6.1 传统的组合赋权	115
7.6.2 基于权重置信度的组合赋权	115
7.6.3 工程材料评价指标的组合赋权	116
本章小结	117
参考文献	118

第8章 工程选材综合评价 119

8.1 加权平均法综合评价	119
8.1.1 加权平均法综合评价的具体步骤	119
8.1.2 加权平均法综合评价的特点	120
8.1.3 工程选材的加权平均法综合评价	120
8.2 模糊综合评价	123
8.2.1 模糊数学	123
8.2.2 模糊综合评价的分类	125
8.2.3 单级模糊评价的具体步骤	126
8.2.4 多级模糊综合评价的具体步骤	129
8.2.5 工程选材的模糊综合评价	130
8.3 理想解法综合评价及其改进	135
8.3.1 理想解法综合评价的具体步骤	136
8.3.2 工程选材的理想解法综合评价	137
8.3.3 垂直距离理想解法综合评价	139
8.3.4 加权垂直距离理想解法(ITOPSIS法)综合评价	141
8.3.5 理想解法改进在工程选材中适用性的进一步比较	142
8.4 改进的灰色关联度综合评价	143
8.4.1 灰色系统理论简介	143
8.4.2 灰色关联度及其综合评价思路	144
8.4.3 改进灰色关联度综合评价的具体步骤	145
8.4.4 工程选材的改进灰色关联度综合评价	146
8.5 主成分分析法综合评价及其改进	152
8.5.1 主成分分析法及其存在的问题	152
8.5.2 改进主成分分析法综合评价的具体步骤	152
8.5.3 工程选材的改进主成分分析法综合评价	153
8.6 组合评价	155
8.6.1 组合评价的提出	155
8.6.2 组合评价需要考虑的问题	156

8.6.3 组合评价的具体步骤	157
8.6.4 工程选材的组合评价	158
8.7 其他综合评价方法简介	162
8.7.1 秩和比法	162
8.7.2 功效系数法	163
8.7.3 判别分析法	164
本章小结	166
参考文献	167

第9章 工程选料综合评价系统设计与实现 168

9.1 Delphi 7 集成开发环境	168
9.1.1 Delphi 7 的可视化开发环境	168
9.1.2 Delphi 7 常用组件	169
9.1.3 Delphi 7 数据库开发环境	170
9.2 工程选材综合评价系统的总体设计	172
9.2.1 系统功能分析	172
9.2.2 系统功能模块设计	172
9.2.3 系统数据表设计	173
9.2.4 系统界面设计	173
9.3 工程选材综合评价系统的详细设计与实现	173
9.3.1 系统登录	174
9.3.2 主窗体	174
9.3.3 文件操作模块	174
9.3.4 查询模块	174
9.3.5 指标选择模块	177
9.3.6 指标定量分析模块	178
9.3.7 指标权重确定模块	178
9.3.8 综合评价模块	181
9.3.9 输出模块	181
9.4 系统应用:热作模具钢选材综合评价	183
本章小结	187

附录 相关程序 189

工程材料是科学技术和工农业发展的物质基础,也是人类社会现代文明的重要支柱。其发展历史与人类的文明同样悠久。历史学家曾用材料作为划分时代的标志,如石器时代、青铜器时代、铁器时代等,从中不难看出材料在人类文明发展进程中所起的巨大作用。

选材是材料科学与工程的重要使命之一,是材料器件化、产品化的必经之路,也是工程设计人员的基本要求。所谓选材,就是在众多材料中,选出既能满足工程应用要求,又能降低产品总成本,获得最大经济利益,同时还能符合使用环境条件要求且节能环保的材料。目前,世界上传统材料有几十万种,而新材料正以大约每年5%的速度增长。特别是近半个世纪以来,在近代科学技术的推动下,材料科学发展迅速,材料的种类日益增多,不同效能的新材料不断涌现,原有材料的性能也在不断改善和提高。因此,要在错综复杂的众多材料中作出正确的选择,首先需要了解材料,认识材料。

1.1 工程材料及其分类

解决不同工程用途所用的材料称为工程材料。工程材料种类繁多,数量巨大,从不同的角度有不同的分类方法。按用途可分为建筑材料、机械工程材料、航空航天材料、核材料、信息材料、电子材料、能源材料、生物材料、包装材料、电工电器材料等;按材料的状态可分为单晶体材料、多晶体材料和非晶体材料。

若从科学意义和工程实用角度综合考虑,工程材料最常用的分类方法有:按化学组成、结合键的特点,分为金属材料、无机非金属材料、高分子材料(即有机非金属材料)和复合材料四大类,如图1-1所示,每一类材料又可以分为若干类;按主要使用功能分为结构材料和功能材料。

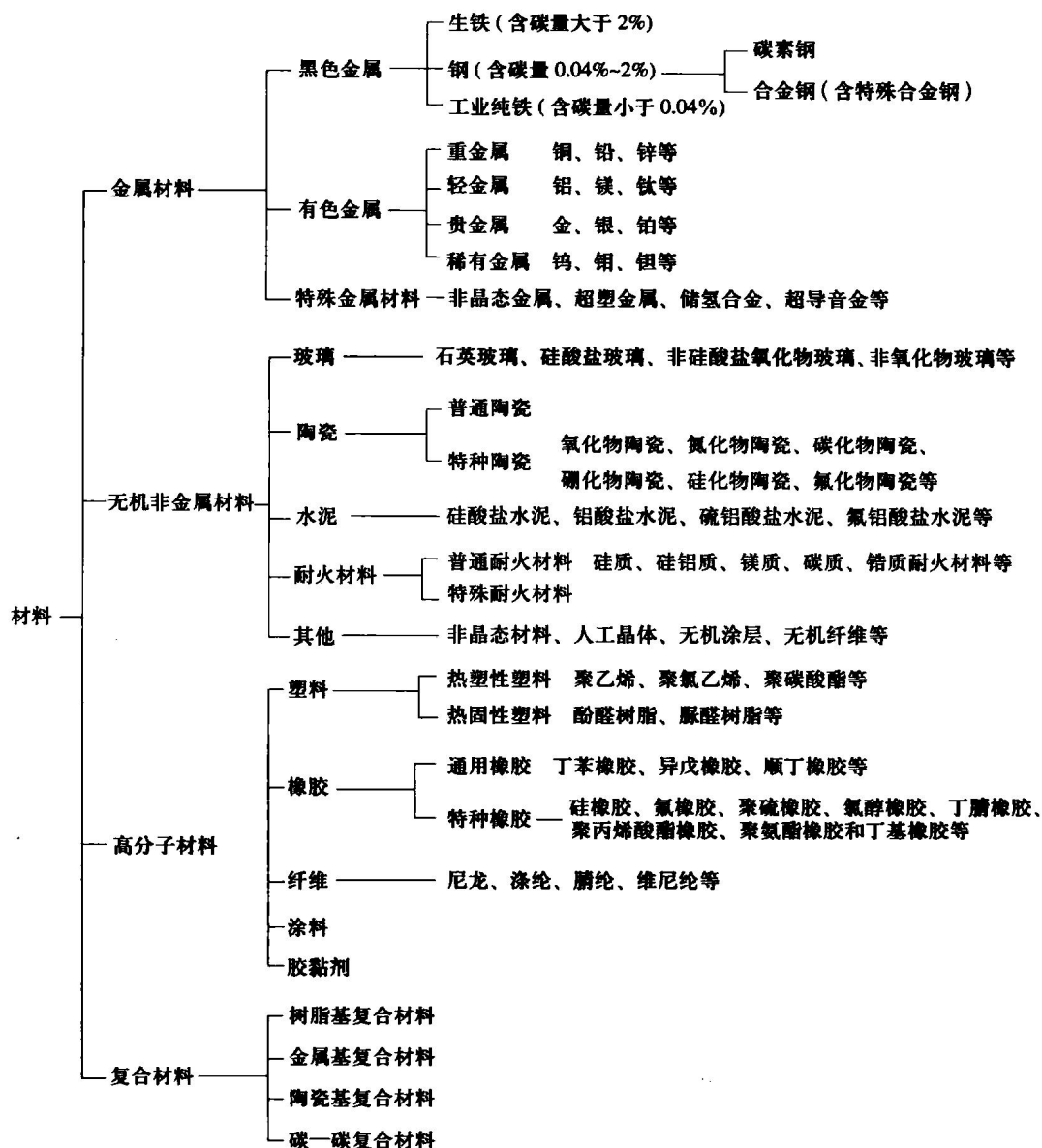


图 1-1 工程材料的分类

1.1.1 结构材料和功能材料

按照使用性能(即功能)将工程材料划分为结构材料和功能材料是常见的分类方法,这样分类使得材料的功能明确,界限清楚。

1. 结构材料

结构材料以强度、刚度、韧性、塑性、耐磨性、硬度等力学性能为其基本特征,是用于制造以承受重力或传递应力为主要服役方式的结构件材料。大部分结构材料属于传统材料。当然,结构材料对理化性能有时也有一定的要求(但那是第二位的),如相对密度、热

导率、耐腐蚀性、抗氧化能力等,具体因结构材料的用途而异。结构材料是支撑航空航天、电子信息、机械制造、工程建设、交通运输等领域的重要物质基础。从现有结构材料的数量、品种和影响来看,如何科学合理地使用它们,如何提高这些材料的质量和种类,降低成本和损耗,仍然是当今材料科学与工程和其他工程领域的重要任务之一。目前,结构材料开发的热点是高性能结构材料,主要有高强度、高弹性模量的轻金属,耐高温有序金属间化合物、先进结构陶瓷、高强度工程塑料、高性能复合材料等。

2. 功能材料

功能材料是具有特殊物理性能(电、磁、声、光、热等)、化学性能(耐腐蚀性、抗氧化性等)或生物学性能等,主要用于制造各种功能元器件的材料。它们对电子、激光、能源、通信等许多新技术的发展起着十分重要的推动作用。可以说,没有许多功能材料的研制成功,就不会有今天科学技术的发展,当然科学技术的不断进步也在促进各种新型功能材料的开发。当前,功能材料开发的热点主要有信息材料、生物医学材料及智能材料等。

应该指出,结构材料和功能材料的划分是相对的,一种材料往往既是结构材料又是功能材料。如玻璃纤维,由于它具有耐高温、抗腐蚀、强度高、相对密度小、吸湿低以及绝缘性好等一系列优异特性,将其和有机树脂结合制备的玻璃钢,既可以利用其强度高的特点做结构材料,也可以利用其耐腐蚀的性能做功能材料;又如铝及铝合金既是工程上广泛使用的轻质结构材料,又大量用作导线和普通大气环境中的防锈材料。

1.1.2 传统材料和新型材料

传统材料是指那些已经成熟且在工业中批量生产并大量应用的材料,如钢铁、水泥、塑料等。这类材料由于用量大、产值高、涉及面广,又是很多支柱产业如建筑业、汽车业的基础,所以又称为基础材料。传统材料的价格一般较低,在应用上已经有长期使用的经验和数据。新型材料又称为先进材料,是指那些近期已经研制或正在研制的、具有传统材料无法比拟或更为优异的性能和应用前景的材料。新型材料主要用于高科技产品,正在商业化或处于研制之中,一般具有一定保密性。就化学组成而言,先进材料主要包括新型高性能金属材料、特种陶瓷、功能高分子材料和复合材料四大方面。

传统材料的特征为:需求量大、生产规模大,但较少考虑环境因素,即环境污染相对严重。而新型材料是建立在新概念、新工艺、新检测技术的基础上,以材料的优异性能参与竞争,属于高新科技的一部分。新型材料的特征是:投资强度较高、更新换代快、风险大、知识和技术密集程度高,一旦研制成功,回报率也较高,且不以规模取胜。但是,新型材料与传统材料之间并不存在明显的界限。传统材料通过采用新技术、新工艺,提高制品的质量和档次,使其具有新的更优良的性能,大幅度增加附加值而成为新型材料;先进材料在解密后,开始商业化并大量生产与应用,在积累了经验之后也就成为传统材料。它们之间相互依存、互相促进、互相转化、互相替代。传统材料是发展新材料和高技术的基础,而新型材料又往往是改造传统材料、促进新技术诞生的催化剂。

从实用角度看,相对于新型材料而言,传统材料更为重要。尤其是民用工程,主要使用的就是传统材料,不仅过去和现在如此,将来亦是如此。但是,如前所述,新材料的开发在当今社会中的重要性亦不能忽视。新材料的研制与开发是现代信息技术、能源技术、航

航空航天科技、生命科学等新兴技术的物质基础,也是研制新产品、增强产品竞争力、保持国民经济活力的有力保障。正是由于新型材料具有如此重要的作用,世界各国非常重视新材料的研制与开发。目前,我国已分别研制和开发了一系列耐高温、耐低温、耐腐蚀、耐辐射、耐特殊化学介质且具有智能特性的新型材料。这些新材料及其制品已广泛应用电子电气、交通车辆、能源工业、航天航空、石油开采等国民经济的各个领域。

1.1.3 工程材料的发展趋势

长期以来,新材料的开发一直停留在感性和经验的基础上,其大致开发思路是:先凭经验研制出一种新材料,做成试样,分析成分,测试性能,然后应用于所要求的工程领域;若不合适,再重新实验研制。显然,这种方法不仅周期漫长,而且开发人员很容易迷失方向,甚至毫无结果。因此,现代研究人员更侧重于材料微观结构的研究,寻求材料微观结构与性能之间的关系。如果掌握了这一规律,就可以按照微观结构预测材料的性能,或者根据对材料性能的要求,科学地设计材料并选择合理的加工方法,这就是“分子设计”。虽然材料的微观结构与宏观性能之间的定量关系目前还尚未解决,但可以预期,一旦这一瓶颈问题得以解决,新材料的研制只需要根据所要求的性能,在计算机内进行化学计算和分子的重新组合、修剪便可。这将使材料的研制和生产发生根本性的变革,也会使人类社会进入一个崭新的物质文明时代。

1.2 常用工程材料的特征

1.2.1 金属材料

金属是指具有良好的导电性和导热性,有一定的强度和塑性,并具有光泽的物质。金属一般是晶体,主要以金属键结合,大多数金属晶体具有比较高的对称性和高的配位数,典型晶体结构有面心立方(如 γ -铁、铝、铜、银、金、镍等)、体心立方(如 α -铁、铬、钨、钼、钒、 β -钛等)和密排六方(如镁、锌、 α -钛、镉、铍等)等。金属材料是以金属或金属为主要材料构成,并具有金属特性的工程材料。由于纯金属的强度和硬度相对较低,而且冶炼技术复杂,价格较高,因此,在使用上受到很大限制。目前在工农业生产、国防建设中广泛使用的是合金状态的金属材料。金属元素的价电子因其电离能低,电子很容易电离为整个晶体所共有。由于外层电子可以在金属正离子组成的晶格内自由运动,故金属材料具有良好的综合性能,具体如下。

(1) 优良的力学性能。金属材料不仅具有较高的强度,塑性和韧性也很好。正是这样的强韧性能,使得金属材料广泛用作工程结构材料。

(2) 高的弹性模量与结合能。这使得金属材料具有较高的熔点、刚度及强度等特性。具体而言,过渡金属的熔点、结合能和弹性模量最高,贵金属次之,碱金属最低。因此,金属材料中,过渡金属的应用最为广泛。

(3) 某些优良的物理性能。相对密度直接关系到所制造的设备的自重和效能,如发动机要求相对密度和惯性小的活塞,常采用相对密度小的铝合金制造;熔点是金属和合金

进行冶炼、铸造、焊接等工艺的重要参数,熔点高的金属(如钨、钼、钒等,)可制备耐高温零件(如火箭、导弹、燃气轮机等产品的零件),熔点低的金属可用来制造印刷铅字(铅和锑的合金)、熔丝(铅、锡、铋和镉的合金)和防火安全阀等零件;此外,金属材料还有优良的导电、导热性,特殊的磁性等。

(4) 某些优良的化学性能。如铝材、铜及其合金以及某些镍基合金等的耐腐蚀性能不错。此外,通过某些工艺措施,如表面处理、涂层等,还可以进一步提高金属材料的化学性能。

(5) 性能变化范围广。从轻金属到重金属,从碱金属、贵金属到过渡金属,它们的相对密度、弹性模量、强度以及抗氧化能力等,均可在数倍、数十倍乃至数百倍范围内变动,这为各种工程应用提供了很大的选择余地。

(6) 优良的加工性能。包括铸造、锻造、焊接以及切削加工性能等。如灰铸铁和青铜的铸造性能比较好;黄铜和铝合金的锻造性能优;低碳钢的焊接性能好;铜合金、铝合金及非合金钢的切削加工性能较好。

(7) 可热处理性及其他表面改性。钢材和不少有色金属材料(铝合金、铜合金、钛合金等)都可以通过一定的加热与冷却方法大幅度地(一般可成倍地)改善、提高材料的性能。还可以通过表面热处理(如最常用的表面淬火)、化学热处理(如渗碳、渗氮、碳氮共渗、渗硼等)以及其他表面处理方法(如表面激光处理、离子注入、气相沉积等)明显改变工件表层的性能。

至20世纪中叶,金属材料在材料工业中一直占据绝对优势,这不仅是因为其具有较好的综合性能,成熟的生产技术,更重要的是金属材料具有其他材料体系所不能完全取代的独特性能。如金属材料有比高分子材料高得多的形变模量,比陶瓷高得多的韧性以及某些优异的物理性能(如磁性、导电性等)。所以,在可以预见的将来,金属材料仍是工程材料的重要组成部分。但它也存在不足之处,一是资源有限(某些金属,如金、银、铜、锌、锑、钼、镍,其矿藏开采年限不到50年),二是特高温度(大于1050℃)及某些特殊介质中,金属材料不能胜任。

1.2.2 无机非金属材料

无机非金属材料是以某些元素的氧化物、碳化物、氮化物、卤化物、硼化物以及硅酸盐、铝酸盐、磷酸盐、硼酸盐等物质组成的材料。无机非金属材料是20世纪四五十年代以后,随着现代科技的发展,从传统的硅酸盐材料演变而来的,如陶瓷、玻璃、耐火材料、水泥等都是人们所熟悉的硅酸盐材料,其典型代表就是陶瓷材料。

陶瓷是由天然或人工的原料经高温烧结而成的致密固体材料,其组织结构比金属复杂得多,内部存在晶体相、玻璃相和气相。陶瓷的性能主要取决于这三种相的相对数量、形状和分布。其中,晶体相是陶瓷的主要组成相,晶体相中各元素之间的结合力主要为离子键(如 MgO 、 Al_2O_3)、共价键(如 Si_3N_4 、 SiC)或离子—共价键。这些化学键的特点是键能和键强较高。因此,陶瓷材料具有硬度高、熔点高、质脆、耐磨以及高化学稳定性等基本属性。

(1) 弹性模量高。陶瓷材料的弹性模量是各类材料中最高的,比金属高若干倍,比聚合物高2个~4个数量级。气相含量越低,陶瓷的弹性模量就越高。各种陶瓷材料的弹

性模量的顺序大致为:碳化物 > 氮化物 ≈ 硼化物 > 氧化物。

(2) 硬度高。陶瓷材料的硬度也是各类材料中最高的,这也是它的最大特点之一。陶瓷的硬度多为 1000HV ~ 5000HV, 淬火钢仅为 500HV ~ 800HV, 高聚物最硬不超过 20HV。此外,尽管陶瓷的硬度也随着温度的升高而降低,但其在高温时仍具有较高的硬度,如硼化物、碳化物在 1000℃ 仍可具有 400HV 以上的硬度。

(3) 塑性变形能力差。大量气孔的存在,导致陶瓷的塑性变形能力差。陶瓷材料在室温下几乎没有塑性(有些陶瓷在高温时可出现一定的塑性变形能力,如 MgO), 冲击韧性极低,完全是脆性断裂,这是陶瓷作为工程材料应用的致命弱点,而且其抗拉强度比抗压强度低得多(比值为 1:10,而铸铁为 1:3)。如果能设法减少材料内部的缺陷(裂纹、气孔等),陶瓷材料的强度和韧性会明显提高。

(4) 化学稳定性好。陶瓷材料具有优良的抗化学腐蚀和电化学腐蚀的能力。这同样是由于陶瓷材料的离子键、共价键强键结合的缘故。这一特性保证了陶瓷能够在酸、碱、盐和各种氧化剂条件下经久耐用,是该材料的又一大优点。

(5) 熔点高。陶瓷材料的熔点一般都在 1500℃ 以上。这也是由于陶瓷材料主要是由离子键、共价键强有力的键结合决定的。陶瓷材料的高熔点、高硬度和高化学稳定性,是它能够广泛作为高温材料(如坩埚)应用的主要原因。

(6) 电绝缘性好。大部分陶瓷可用作绝缘材料,它们的电阻率在 $10^7 \Omega \cdot \text{cm} \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{cm}$ 的数量级范围内。因为陶瓷的离子晶体中不存在像金属那样可以自由运动的电子,几乎所有的电子都受到各个离子强烈的约束作用。只有当温度升到熔点附近时,电子的运动才比较自由,才会具有一定的导电性。良好的电绝缘性使陶瓷可大量用于制作隔电的绝缘器件,从低压瓷(1kV 以下)到超高压瓷(110kV 以上)均可制作。此外,陶瓷的介电性能好,它的介电损耗很小,可用于制作高频、高温下工作的器件。

(7) 导热率低。陶瓷材料只有数量极少的电子,其导热主要由晶体的晶格振动来完成。所以陶瓷材料的导热能力通常较差,导热率低。

除了上述特点外,利用陶瓷的光学特性,可作激光材料、光学纤维等;利用某些陶瓷与人体无特殊反应这一特性,还可作人造器官(称为生物陶瓷)。总之,陶瓷材料具有优良的理化性能和极好的耐高温、耐腐蚀性能,而且原料丰富,其产品目前广泛应用于日用、电气、纺织、化工、建筑等行业,如化工中的耐酸耐碱容器、反应塔、管道等。此外,作为高温结构材料和功能材料以及某些特殊领域用材,陶瓷具有极其重要的应用前景。陶瓷材料的致命缺点是塑性变形能力差、性脆,此外就是加工性能差,属新型而年轻的材料。

1.2.3 高分子材料

高分子化合物是由碳、氢、氧、氮、硅、硫等元素以共价键组成的相对分子质量足够大的有机化合物。其相对分子质量在几百乃至几百万之间,因此称之为高分子化合物。高分子材料是以高分子化合物为主要组分材料,有天然(如虫胶、松香、淀粉、皮革、天然橡胶等)和人工合成(如塑料、合成橡胶、合成纤维等)之分。高分子材料的链状结构以及大分子链的柔顺性,是此类材料许多特性不同于其他材料的主要原因。高分子材料具有以下基本性能特点。