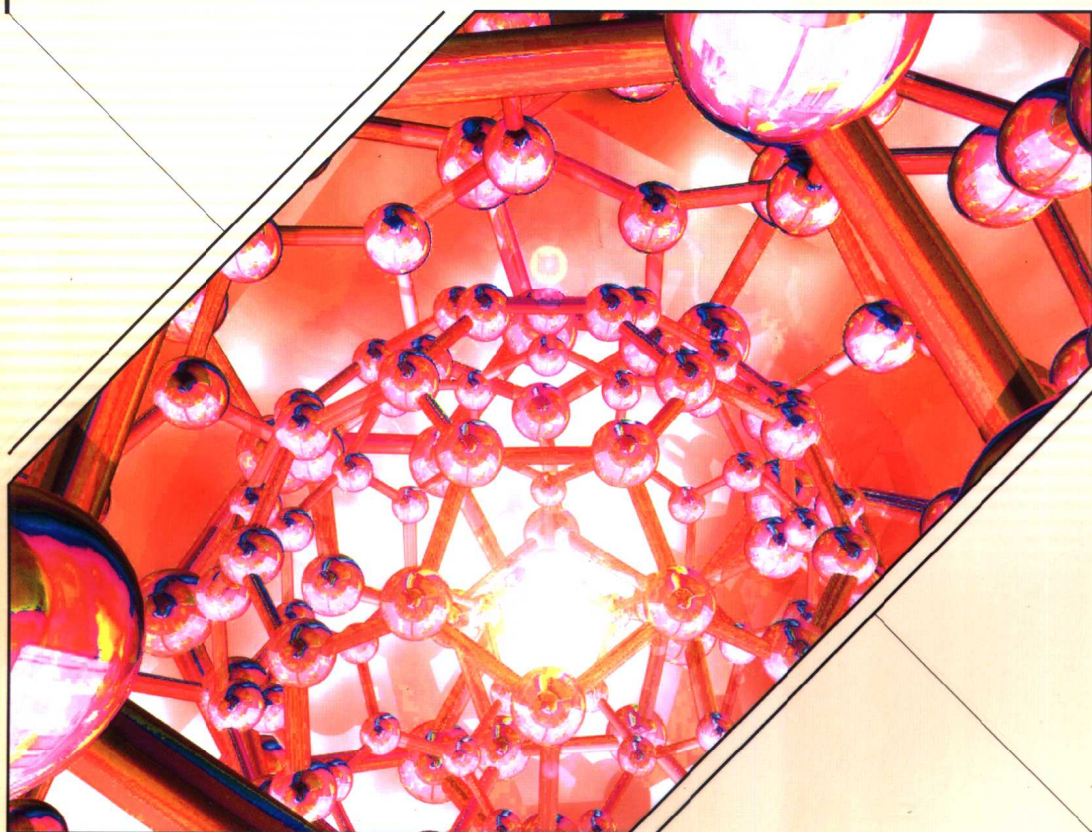


新材料概论

主编 李俊寿 主审 王建江



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

新材料概论

主编 李俊寿
主审 王建江

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书为适应高等院校教学改革,扩大学生的知识面而编写。在扼要介绍材料科学基本知识的基础上,重点介绍了电性材料、磁性材料、半导体材料、信息功能材料、光学材料、新型结构材料、兵器材料、纳米材料的基本理论、主要性能及其应用。本书既注意基本知识、概念的归纳总结,又重视实际工艺、方法的概括应用,并注重当今新型材料的最新研究成果及发展动向,撰写深入浅出,理论联系实际,运用了大量的图表加以说明。可作为机类、电类有关专业的选修课教材,材料专业硕士研究生的教学参考书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新材料概论 / 李俊寿主编. —北京:国防工业出版社, 2004. 8

ISBN 7-118-03512-2

I. 新... II. 李... III. 材料科学—概论
VI. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 050492 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 458 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1-3000 册 定价:29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

随着科学技术的迅猛发展和高等教育改革的不断深入以及学生择业范围的逐步拓展,各行各业的工程技术人员都迫切需要了解有关新材料、新技术、新工艺方面的基本知识和基本理论,很多院校的材料科学与工程类专业开设了新材料技术本科生、硕士生课程,一些机类专业和电类专业也开设了新材料技术的选修课程。为了满足高等教育和广大读者的需要,我们编写了本书。

关于新材料,目前尚未有一个公认的确切定义。笔者认为,新材料是一个相对的概念,是相对于传统材料而提出来。即使这样,也很难对新材料下一个确切的定义。因为“传统材料”本身也是一个相对的概念。在人类发展的历史长河中,随着科学技术的进步,不少原来认为的新材料不断地走进传统材料的行列。史学家们曾根据人类使用的材料把古代史划分为石器时代、陶器时代、青铜器时代和铁器时代,而今,人类已越过钢铁时代,跨入人工合成材料和复合材料的新时代,不久的将来,人类还将进入纳米时代。所以,如果站在时代的高度来看,所谓“传统材料是指那些已经成熟且在工业中已批量生产并大量应用的材料,如钢铁、水泥、塑料等”。新材料则是指“那些正在发展、且具有优异性能和应用前景的一类材料”,新材料应当代表材料发展的基本方向,对科学技术的进步和国民经济发展具有巨大的推动作用。如纳米材料、新型碳材料、非晶合金、超导材料、智能材料、环境材料、电子信息材料等。新材料与传统材料之间没有严格的界限,传统材料通过采用新技术,提高科技含量,提高性能,大幅度增加附加值,可以成为新材料;新材料在经过长期生产和应用之后也就成为传统材料。新材料内容很多,涉及的范围很广,根据本书的宗旨,仅仅摘编了其中的一小部分。

本书按内容可分为四个部分:第一部分即第1章材料科学基础,主要介绍了材料的晶体学、结晶学、金相学的基本知识;第二部分为功能材料,由第2章至第6章共5章组成,分别介绍了电性材料、磁性材料、半导体材料、信息功能材料、光学材料基本理论、基本性能和主要用途;第三部分为结构材料,由新型结构材料和兵器材料两章组成,着重介绍了包括兵器材料在内的若干新型结构材料的研究现状和发展趋势;第9章为本书的第四部分,主要介绍了纳米材料的基本概念、主要特性、制备方法和应用前景。

本书在编写上力求语言简洁,信息量大;内容新颖,科学性强;图文并茂,通俗易懂。引用了大量新近的研究成果,相信通过本书的学习,有利于拓宽学生的知识面,激励学生的创新意识。

本书的第1章、第4章、第5章、第9章由李俊寿编写,第2章、第3章由杜心康编写,第6章由叶明慧编写,第7章、第8章由赵忠民编写。王建江教授编写了绪论,指导了本书的编写工作,并审阅了全书。

IV

本书在编写过程中参考了部分国内外有关教材、科技著作和学术论文。在此特向有关作者表示深切的谢意。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,恭请广大读者批评指正。

编 者

2004年3月

目 录

绪论	1
第1章 材料科学基础	6
1.1 原子的结构	6
1.1.1 原子结构	6
1.1.2 原子的电子结构	7
1.1.3 原子中电子的稳定性	9
1.2 原子间的键合	10
1.2.1 离子键	11
1.2.2 共价键	11
1.2.3 金属键	12
1.2.4 范德华键	12
1.3 材料的晶体结构	13
1.3.1 原子的排列	13
1.3.2 金属材料的结构	17
1.3.3 陶瓷材料的相结构	23
1.3.4 高分子材料的结构	27
1.3.5 材料的晶体缺陷	29
1.4 材料的显微结构	35
1.4.1 金属材料的显微组织	35
1.4.2 陶瓷材料的显微结构	38
1.5 固体中的扩散	42
1.5.1 扩散机制	42
1.5.2 扩散定律	44
1.5.3 影响扩散的主要因素	46
第2章 电性材料	48
2.1 材料的电学性能	48
2.1.1 电导率和电阻率	48
2.1.2 材料的半导电性	52
2.1.3 材料的超导电性	54
2.1.4 材料的介电性	55
2.1.5 静电现象	59

2.2	金属与金属性电性材料	59
2.2.1	金属电性材料	59
2.2.2	金属性电性材料	61
2.3	超导材料	65
2.3.1	超导电性的微观解释	65
2.3.2	超导材料的发展	66
2.3.3	超导材料的应用	72
2.4	电介质材料	76
2.4.1	压电与热释电材料	77
2.4.2	铁电与反铁电材料	81
第3章	磁性材料	85
3.1	材料的磁性	85
3.1.1	物质的磁性	85
3.1.2	磁畴与磁滞回线	89
3.1.3	金属材料的磁学性能	91
3.1.4	无机非金属材料的磁学性能	92
3.1.5	高分子材料的磁学性能	93
3.2	磁性材料的种类及特征	93
3.2.1	永磁材料	93
3.2.2	软磁材料	95
3.2.3	磁记录材料	97
3.2.4	磁致伸缩材料	100
3.2.5	其他磁性材料	102
3.3	磁性材料的应用与发展	104
3.3.1	磁性材料的应用	105
3.3.2	磁性材料的学科发展	108
第4章	半导体材料	112
4.1	概述	112
4.1.1	半导体材料及其发展	112
4.1.2	半导体及其种类	113
4.2	半导体材料物理基础	114
4.2.1	半导体材料的结构	114
4.2.2	能带理论	117
4.2.3	载流子和费米能级	119
4.2.4	本征半导体和杂质半导体	120
4.2.5	半导体的电导	121
4.2.6	霍尔效应	122

4.3	半导体元件	123
4.3.1	二极管	123
4.3.2	晶体管	127
4.3.3	半导体集成电路	129
4.4	常用半导体材料及其应用	130
4.4.1	硅材料	130
4.4.2	锗材料	137
4.4.3	砷化镓	139
第5章	信息功能材料	142
5.1	概述	142
5.1.1	信息材料及其分类	142
5.1.2	信息材料的发展	142
5.2	信息存储材料	143
5.2.1	磁存储材料	144
5.2.2	无机光盘存储材料	145
5.2.3	有机光盘存储材料	149
5.3	信息显示材料	150
5.3.1	显示器件的性能	150
5.3.2	阴极射线管显示材料	152
5.3.3	液晶显示材料	152
5.3.4	等离子体显示材料	156
5.3.5	电致发光材料	157
5.3.6	其他显示材料	158
5.4	信息传输材料——光纤	159
5.4.1	光导的原理	160
5.4.2	光纤的特性	160
5.4.3	光纤的种类	161
5.4.4	常用光纤材料	162
5.5	信息处理材料	164
5.5.1	微电子信息处理材料	164
5.5.2	光电子信息处理材料	165
5.5.3	集成光路材料	167
5.5.4	光电子集成回路材料	168
5.6	信息敏感材料	168
5.6.1	温敏材料	169
5.6.2	湿敏材料	170
5.6.3	气敏材料	172

第 6 章 光学材料	175
6.1 材料的光学性质	175
6.1.1 电磁辐射	175
6.1.2 光和固体的相互作用	176
6.1.3 物体的光学性质	178
6.1.4 其他光学现象	181
6.2 光学玻璃	182
6.2.1 光学玻璃的性质	183
6.2.2 光学玻璃的种类	183
6.2.3 光学玻璃的应用	187
6.3 光学晶体	189
6.3.1 光学晶体的特性	190
6.3.2 光学晶体的种类	190
6.3.3 光学晶体的应用	191
6.4 光学塑料	191
6.4.1 光学塑料的种类	192
6.4.2 光学塑料的性能	192
6.4.3 光学塑料的应用	193
6.5 先进光学材料	194
6.5.1 激光材料	194
6.5.2 发光材料	196
6.5.3 红外材料	199
第 7 章 新型结构材料	201
7.1 概述	201
7.1.1 结构材料分类	201
7.1.2 先进结构材料的发展特点	201
7.2 新型金属材料	202
7.2.1 高温合金	204
7.2.2 钛合金	207
7.2.3 非晶态合金	210
7.2.4 形状记忆合金	212
7.3 新型无机非金属材料	215
7.3.1 新型无机非金属材料的发展及作用	215
7.3.2 氮化硅陶瓷	218
7.3.3 塞龙陶瓷	219
7.3.4 碳化硅陶瓷	220
7.3.5 氧化锆陶瓷	221

7.4	现代复合材料	223
7.4.1	复合材料及其分类	223
7.4.2	聚合物基复合材料	225
7.4.3	金属基复合材料	227
7.4.4	陶瓷基复合材料	228
7.4.5	层状复合材料——SHS 陶瓷内衬复合管技术	229
7.4.6	复合材料的用途	231
7.4.7	未来复合材料的发展	233
第 8 章	兵器材料	236
8.1	概述	236
8.2	枪械结构材料	236
8.3	火炮身管材料	237
8.3.1	传统的火炮身管材料	237
8.3.2	现代火炮身管的战术要求	238
8.3.3	高强韧钢身管材料	239
8.3.4	耐烧蚀现代火炮身管材料	241
8.3.5	电磁炮材料	244
8.3.6	复合材料身管	245
8.4	新型装甲材料	245
8.4.1	薄、硬、纯装甲钢	246
8.4.2	金属基复合材料装甲	250
8.4.3	防弹陶瓷	252
8.4.4	贫铀装甲	256
8.5	弹药材料	257
8.5.1	高密度穿甲弹芯材料	257
8.5.2	高破片率弹体材料	262
8.5.3	弹托与尾翼材料技术	266
8.5.4	新型反装甲材料	270
8.6	其他兵器材料	270
8.6.1	兵器用阻尼材料技术	270
8.6.2	兵器用隐身材料技术	271
8.6.3	兵器用功能陶瓷材料	272
第 9 章	纳米材料	276
9.1	概述	276
9.1.1	纳米材料与纳米科技	276
9.1.2	纳米材料的研究与发展	278
9.2	纳米结构单元	280

9.2.1	零维纳米材料	280
9.2.2	一维纳米材料	282
9.2.3	纳米固体材料	285
9.3	纳米材料的制备	286
9.3.1	纳米微粒的制备	286
9.3.2	纳米线的制备	292
9.4	纳米材料的性能	296
9.4.1	纳米材料的物理效应	296
9.4.2	纳米微粒的物理特性	298
9.4.3	纳米固体材料的力学性能	300
9.5	纳米材料的应用	303
9.5.1	纳米陶瓷材料	303
9.5.2	纳米光学材料	304
9.5.3	纳米磁性材料	305
9.5.4	纳米医用材料	306
9.5.5	纳米催化剂	306
9.5.6	纳米传感器	307
参考文献		308

绪 论

材料是人类用以生产各种产品的物质,但不是所有的物质都可以称为材料。自古以来,人类文明的进步都是以材料的发展为标志的,人类的历史也是按制造生产工具所用材料的种类划分的,由史前时期的石器时代,经过青铜器时代,铁器时代,而今跨入人工合成材料的新时代。

20世纪70年代人们把信息、材料、能源作为社会文明的三大支柱,80年代以高技术群为代表的新技术革命,又把新材料与信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志。目前新材料技术又被国际上定义为六大通用高技术领域之一,这充分说明材料是国民经济建设、国防建设与人民生活不可缺少的重要组成部分,是人类赖以生存和发展的物质基础。

一、新材料的特征及分类

1. 新材料的特征

新材料是指那些新近发展或正在发展的、具有优异性能和应用前景的一类材料。

新材料大致有以下几个特征:

(1) 新材料的生产制备是知识密集、技术密集和资金密集的一种新兴产业,有许多新材料出自固体物理、固体化学、有机合成和冶金学等学科的新成就。科学技术化、科学与工程紧密结合,互相促进。

(2) 新材料的发展与新工艺、新技术密切相关,在很多情况下是通过极端条件(如超高压、超高温、超高真空、超低温、超高密度、超高频、超强磁场、超高纯和超高速快冷等)形成的。新材料、新工艺与新技术相互结合,从而为探索、研制新型材料与新元件开辟一条新途径,同时也为研究在极端条件下所出现的新的物理现象和效应开拓新的研究领域。

(3) 新材料不像常规材料那样靠大规模、连续生产维持竞争能力,它们一般生产规模小、经营分散,更新换代快,而且品种变化频繁。

(4) 新材料往往具有特殊性能。例如超高强度、超高硬度、超塑性,以及各种特殊物理性能,如磁性、超导性等等。

(5) 新材料的发展和材料理论的关系比传统材料更密切。如果说,传统材料的制备或生产更多地是依靠经验和手艺(在早期尤其如此),那么新材料的研制则更多地是在理论指导下进行。且学科之间相互交叉、渗透和互相促进,基础学科(物理、化学、数学等)与理化技术(微电子、计算机等)新成果交织在一起。

应该指出,新材料和常规(传统)材料并没有明确的界限,新材料的发展必须以常规材料为基础,而且从数量和影响看,常规材料仍将占有十分重要的地位,但是要实现质量的不断提高,品种的不断增加,性能的不断改进和成本的不断下降,就必须对常规材料开展更多更深入的研究。常规材料在很多情况下会发展成为新材料,而新材料又推动了传统

材料的进一步发展。目前新材料已成为各种新技术发展的关键,如高效燃气轮机和内燃机、太阳能的利用、磁流体发电、高能蓄电、超导输电等,均需使用各种新材料。因此,加强新材料的研究和开发势在必行。

2. 新材料的分类

这里所说的材料是指固体材料。材料多种多样,分类方法也没有一个统一的标准。

(1) 根据新材料性质与用途,可分为结构材料和功能材料两大类。

结构材料是指以力学性能为主要要求、用以制造各种机器零件和工程构件的一类材料,是机械制造、建筑、交通运输、能源开发及有效利用的物质基础。这类材料正向更高强度及能在更苛刻介质或条件(高温、高磨损、高腐蚀、高辐照等)下工作的方向发展,其中以金属、陶瓷和复合材料为代表。

功能材料则是利用物质独特的物理、化学特性或生物功能发展起来的材料,这类材料正向着多样化、高灵敏度、高精度和高稳定性方向发展。功能材料是发展信息技术和自动化控制的基础,没有功能材料,大规模集成电路、电子计算机就生产不出来。没有灵敏度高、性能稳定的敏感元件材料,自控和遥感便无法实现。如光导通信就是在光导纤维发展的基础上实现的。

(2) 根据材料的本性或其结合键的性质,可以把新材料分为4类:即金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料。

① 由金属元素或以金属元素为主形成的具有金属特征的材料统称为金属材料。它包括金属及其合金,金属间化合物以及金属基复合材料等。最简单的金属材料是纯金属,周期表中的金属元素分为简单金属与过渡金属两种,凡是内电子层完全填满的那些元素属于简单金属,内电子层未完全填满的元素属于过渡金属,简单金属的结合键均为金属键,过渡金属的结合键为金属键和共价键的混合,但以金属键为主。

工业上把金属及其合金分成黑色金属和有色金属两大部分:黑色金属指铁及铁基合金(钢、铸铁和铁合金);有色金属指黑色金属以外的所有金属及其合金。

新型金属材料除黑色金属、有色金属外,还包括特种金属材料,即那些具有不同用途的结构和功能金属材料。其中有急冷形成的非晶态、准晶、微晶、纳米晶等金属材料 and 用于隐身、抗氢、超导、形状记忆、耐磨、减振阻尼等的金属材料。

② 以某些元素的氧化物、碳化物、氢化物、卤素化合物以及硅酸盐、铝酸盐、磷酸盐、硼酸盐等物质组成的材料称为无机非金属材料。无机非金属材料是20世纪40年代以后,随着现代科学技术的发展从传统的硅酸盐材料演变而来的。

无机非金属材料就其组成物质的形态、性质可分为单晶体(各种宝石、工业用矿物晶体、人工合成晶体等)、多晶体(陶瓷、水泥、废渣、粉煤灰、烧结矿等),以及非晶质体(玻璃)等3类物质状态。实际上许多已开发使用的材料属于复杂的物质状态和复杂体系,其组成既可以有晶体,同时亦可有非晶体存在。欧美把无机非金属材料统称为陶瓷材料,新型无机材料,也有人称之为新型陶瓷或特种陶瓷。狭义的陶瓷又称传统陶瓷。苏联则笼统地称之为无机材料,日本将普通陶瓷统称为“窑业制品”,新型陶瓷又称“精细陶瓷”。

陶瓷就化学组成而言是一种或多种金属与一种非金属元素(通常为氧)组成的化合物,其中较大的氧原子为陶瓷的基质,较小的金属(或半金属如硅)原子处于氧原子之间的空隙中,氧原子同金属原子化合时形成很强的离子键,同时存在着一定成分的共价键,但

离子键是主要的,这些化学键的特点是键能、键强高。离子键、金属键性能强的材料常呈结晶态,而某些共价键性强的材料容易形成无定形或玻璃质。因此,陶瓷的硬度和稳定性高,而脆性大。

按照组成成分和用途,工业陶瓷材料又分为:普通陶瓷(传统陶瓷),主要为铝、硅氧化物的硅酸盐材料;特种陶瓷(新型陶瓷),主要为纯氧化物、碳化物、氮化物、硅化物等的烧结材料。按应用可分为结构陶瓷、功能陶瓷和生物陶瓷等。

新型无机非金属材料是 20 世纪中期以后发展起来的、具有特殊性能与用途的一类材料。它们是现代新技术、新兴产业和传统工业技术改造的物质基础。主要有新型陶瓷、非晶态材料、人工晶体、无机涂层、无机纤维等。

③ 高分子材料又称聚合物材料,主要指以高分子化合物为基础制得的材料,它是由许多分子量特别大的大分子所组成,每个大分子由大量结构相同的单元(键节)相互连接而成。与聚合物有关的元素并不多,有 C、N、Si、F、Cl、Br、I 和 At 等。大部分情况下,碳元素形成大分子的主键,大分子内的原子之间由很强的共价键结合,而分子之间的结合力为范德华力(物理键),作用力不大,但由于大分子键很长,分子间接触面较大,特别当分子键交缠时,分子与分子之间结合力不容忽视,它对材料的强度作用很大。与无机材料一样,聚合物按其分子键排列有序与否,可以分成结晶聚合物和无定形聚合物两种,聚合物的结晶度决定于分子链排列的有序程度。

高分子材料种类多样,分类繁杂,通常根据工程中的力学性能和状态分为 3 类:塑料,以合成树脂或化学改性的天然高分子为主要成分,加入(或不加入)填料,增强剂和其他添加剂,在一定温度和压力下成型的高分子材料,主要指强度、韧性、耐磨性好,可制造机器零部件的工程塑料,又分为热塑性塑料和热固性塑料两种;橡胶,主要指经过硫化处理、弹性优良的高分子材料,有天然橡胶和合成橡胶之分,橡胶具有良好的物理力学性能和化学稳定性;合成纤维,指强度很高的单体聚合而成的、呈纤维状的高分子材料,分天然纤维和化学纤维两种。

高分子材料有像金属一样良好的延展性,有无机非金属材料那样优良的绝缘性、耐腐蚀性,还具有价格低廉、密度小的优点。其缺点是强度比金属差,熔点低和化学活动性高,稳定性也不及无机非金属材料。尽管有这些不足之处,高分子材料仍是一种用途非常广泛的材料,在工程上是发展较快的一类新型结构材料。

④ 复合材料是一个比较宽泛的概念,一般认为,复合材料是由两种或两种以上化学本质不同的材料组合在一起,使之互补性能优势,从而制成的一类新型材料。其结构为多相,一类组成(或相)是基体,起粘结作用,另一类为增强体或功能组元,起增加强度或功能的作用。除惰性气体外其他元素均可作为复合材料的组成成分,其结合键非常复杂,它的某些性能比组成相的性能都好,用两句话可以形容其优良性质:“复合材料具有组成这种复合物的每种材料的最优良的性质,同时,这种新材料的总体性质又优于组成它的每一种材料”。另一方面,复合材料还具有可设计性的特点。

近代科学技术的发展,特别是航天、导弹火箭、原子能工业等对材料提出越来越高的性能要求(高比强度、高比刚度、耐热、耐磨损、耐腐蚀等),促进了复合材料的快速发展,由于其性能比单纯的金属、陶瓷或聚合物都优越,是一类独特的材料,具有广阔的发展前景,它将可能成为 21 世纪的“钢”。

(3) 国外也有把固体材料分成金属、陶瓷(和玻璃)、聚合物、复合材料、半导体材料等5类。还有从用途来分,如电子材料、航空航天材料、核材料、建筑材料、能源材料、生物材料等。

材料,尤其是新材料的研究、开发与应用,能反映一个国家的科学技术与工业水平。

二、材料科学的发展趋势

“材料”这一名词已延用了很长时间,但“材料科学”的提出是在20世纪60年代初。1957年苏联人造卫星首先发射成功,美国朝野上下为之震惊,剖析自己落后的原因之一乃是先进材料的落后,因此从20世纪60年代初,一些大学相继成立“材料科学研究中心”或“材料科学系”,这标志着人们开始把材料的研究作为自然科学的一个分支,事实上“材料科学”的形成是科学技术发展的必然结果。

材料科学是一门应用科学,研究和发展材料的目的在于应用,为经济建设服务。必须通过合理的工艺流程才能制备出具有实际应用价值的材料来,并通过批量生产才能成为工程材料,投入实际使用中。因此在“材料科学”这一名称出现不久,就提出了“材料科学与工程”的名称,不少“材料科学系”改名为“材料科学与工程系”。1986年英国出版的第一部《材料科学与工程百科全书》,为材料科学与工程下了如下定义:材料科学与工程是研究有关材料组成、结构、制备工艺流程、性能和用途的关系及其知识的产生与运用。换句话说,材料科学的研究对象是材料组成、结构、性能、生产流程和使用效能以及它们之间的关系。材料科学与工程的四要素及其间的关系如图1所示。

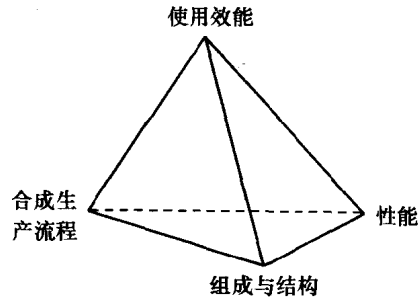


图1 材料科学与工程的四要素及其间的关系

材料的性能主要指材料本身所具有的物理性能(如电、磁、光、热等性能)、化学性能(如抗氧化性、抗腐蚀性以及聚合物的可降解性等)、力学性能(如强度、硬度、塑性、韧性等)和工艺性能(如金属材料的可焊性、可锻性、热处理性、切削加工性以及陶瓷粉末的烧结性等);材料的组成与结构包含原子结构、结合键、原子排列方式(晶体与非晶体)和显微组织等4个层次的内容;材料的合成生产流程和方法对材料性能的影响随材料种类的不同而不同;使用效能是指材料在使用条件下的表现,如使用环境、受力状态对材料特征曲线以及寿命等的影响。效能决定着材料能否得到发展或大量使用。所以材料科学与工程既包括基础研究和应用研究两个方面,同时还具有多学科交叉的特点。

材料,特别是新材料,在国民经济中具有举足轻重的地位,高技术的发展不仅需要多品种、多规格、性能特殊的材料,而且对材料的要求也越来越严格。目前,人们对新一代材料大致有4个方面的要求:

(1) 材料的结构与功能要结合起来,实现结构/功能一律化,做到多功能应用。

(2) 开发智能材料。要称为智能材料,必须具备对外界反应能力可以达到定量的水平,由于技术水平所限,现在还只能提机敏材料,因为智能材料与机敏材料是不同档次的材料。机敏材料还只能做到对外界有定性的适应。

(3) 要求材料本身少污染,生产过程也要少污染,而且能够再生。

(4) 要求制造材料的能耗小,而且本身最好又能创造新能源或能够充分利用能源。

随着金属、非金属等多种材料的迅速发展,以及彼此间相互渗透,相互结合,已经形成了一个完整的材料体系。在现代物理学和化学等学科的基础上,材料科学已成为一门新兴的综合性学科。从科学技术发展历史来看,对材料的研究与开发,往往是新技术发展成败的关键。因此,随着高技术发展给材料研究提出了新的要求,首先是要重视材料科学的发展,强调基础研究在工艺中的重要性,因为基础研究是为工艺作指导的。所谓的基础并不是纯粹的基础,而是应用基础,其最终目的是要能够进行材料设计。这种设计包括材料组成上的设计和材料显微结构的设计两部分,进而向分子设计前进。第二要研究材料的组成、材料显微结构与材料性能的关系。第三是要研究材料的相的关系,因为在不同的相中,材料所表现出的性能是完全不同的。第四要研究材料的缺陷和损坏规律。第五要研究材料的无损检测和寿命预测,因为材料总是要坏的,预测材料的使用寿命,以及怎样来延长使用寿命,同时不断研究开发具有特殊性能的新材料,这些都是材料研究要做的工作。

当前,材料科学发展和材料研究的趋向是:

(1) 研究多相复合材料,这里的多相是指两个主晶相或3个主晶相都在一个材料之中,例如多相复合陶瓷材料,多相复合金属材料,多相复合高分子材料,无机和有机复合材料、金属—陶瓷、金属—有机物以及梯度功能材料等。

(2) 研究并开发纳米材料,它指的是原料及最终的显微结构都是纳米量级的,把这种纳米量级晶粒混合到材料中,以改善材料脆性。而且纳米材料本身由于具有巨大的表面能,可以表现出完全意想不到的优异性能,极有发展前途。

(3) 开发机敏材料,这种材料同时具有感知外界环境或参数变化和驱动的双重功能,机敏材料还包括那些具有热敏感、化学敏感、光敏感以及电磁敏感等功能材料。

(4) 研究开发生物医学材料(又称生物材料),用以和生物系统结合,以诊断、治疗或替换机体中的组织、器官或增进其功能的材料。

(5) 材料制备工艺、检测仪器和计算机的应用研究将是今后材料科学技术发展的重要内容。现代化的制备工艺往往与极端条件密切联系着,如利用空间失重条件进行晶体生长、强磁场、强冲击波、超高压、超高真空以及强制冷都将成为材料制备的有效手段。检测是控制工艺流程及产品质量的主要手段,研制高精度、高灵敏度与高稳定性,并能适应各种恶劣环境的检测仪器将会有力推动材料科学技术的进步和发展。

第 1 章 材料科学基础

材料的结构可以从 3 个层次来考查,一是组成材料的单个原子结构,其原子核外电子的排布方式显著影响材料的电、磁、光和热性能,还影响到原子彼此结合的方式,从而决定材料的类型。二是原子的空间排列。金属、许多陶瓷和一些聚合物材料有非常规整的原子排列,称为晶体结构,材料的晶体结构显著影响材料的力学性能。其他一些陶瓷和大多数聚合物的原子排列是无序的,称为非晶态,其性能与晶态材料有很大不同,例如非晶态的聚乙烯是透明的,而结晶聚乙烯则是半透明的。三是显微组织,包括晶粒的大小、合金相的种类、数量和分布等参数。

1.1 原子的结构

物质都是由原子构成的,原子是由原子核和电子构成的,原子核又是由质子和中子构成的。原子的特性取决于许多因素,包括原子序数 Z , 相应于中性原子中电子或中子的数目;原子的质量;电子在围绕原子核的轨道中的空间分布;原子中电子的能量;以及在原子中加入或除去一个或多个电子,从而产生带电离子的难易程度。后 3 个因素都涉及到电子,都会受到电场、磁场、温度、机械力等外界条件的影响,所以,要了解原子中的电子行为,还需要了解有关量子力学的一些基本知识。

1.1.1 原子结构

大家都知道在原子中电子带负电荷,原子核带正电荷,通过静电吸引,带负电荷的电子被牢牢地束缚在原子核周围。每 26 个电子和质子所带的电荷 q 为 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。因为原子中电子和质子的数目相等,所以从整体说来,原子是电中性的。

元素的原子序数等于原子中的电子数或质子数。例如有 26 个电子和 26 个质子的铁原子,其原子序数为 26。

原子的大部分质量集中在原子核内。每个质子和中子的质量大致为 $1.67 \times 10^{-24} \text{g}$, 但是每个电子的质量只有 $9.11 \times 10^{-28} \text{g}$ 。相对原子质量 M 等于原子中质子和中子之和的平均数,是原子数量为阿伏加德罗数 N_A 的质量。 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ 是 1 mol 物质内原子或分子的数目。因此,相对原子质量的单位是 g/mol 。相对原子质量的另一个单位是原子质量单位,它是碳 12 质量的 $1/12$ 。

原子核内含有不同中子数的相同元素的原子称为同位素(isotopes),它们有着不同的相对原子质量。这种元素的相对原子质量是一些不同同位素质量的平均值,因此相对原子质量可能不是一个整数。