

• 高等学校教学用书 •

无机材料工艺学

Technology of Inorganic Materials

宋晓岚 叶 昌 余海湖 编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

内 容 简 介

全书共 12 章。从概述无机材料生产工艺的个性与共性出发,以无机材料生产工艺为主线,重点介绍无机材料组成、无机材料原料、原料加工与处理、配合料制备、熔制与相变、无机材料成型、物料及制品干燥与脱水、物料及制品烧成与煅烧、制品的加工与处理等单元工艺内容;同时引入新型无机材料的制备新工艺和新技术,反映无机材料高新技术发展动向;并介绍无机材料工业的环境保护和清洁生产,为无机材料工业可持续发展提供理论基础。

本书内容丰富,实用性强,可作为高等院校无机材料科学与工程相关专业教材,也可作为材料科学与工程及矿物材料等专业教学参考书,对于有关科研院所的科研人员和生产企业的工程技术人员也有参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机材料工艺学/宋晓岚,叶昌,余海湖编著. —北京:
冶金工业出版社,2007.9
高等学校教学用书
ISBN 978-7-5024-4187-6

I. 无… II. ①宋… ②叶… ③余… III. 无机
材料—工艺学—高等学校—教材 IV. TB321

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 137543 号

出 版 人 曹胜利
地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009
电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn
责任编辑 张 卫 李 梅 美术编辑 李 心 版面设计 张 青
责任校对 侯 珊 责任印制 牛晓波
ISBN 978-7-5024-4187-6
北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2007 年 9 月第 1 版,2007 年 9 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16; 37.25 印张; 995 千字; 578 页; 1—4000 册
69.00 元
冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893
冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081
(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

材料是人类赖以生存的物质基础和科学技术发展的核心与先导。材料的品种、产量和质量标志着一个国家的现代化水平。没有先进的材料,就没有先进的工业、农业和科学技术。材料分为金属材料、无机非金属材料(简称无机材料)、有机高分子材料和复合材料四大类。无机材料因其原料资源丰富,成本低廉,生产过程能耗低,产品应用范围广而成为材料领域研究和开发的重点。

无机材料分为传统无机材料和新型无机材料。传统无机材料以硅酸盐材料为主,主要包括陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料,是工业和基本建设所必需的基础材料。随着现代材料新工艺和新技术的发展,在传统硅酸盐材料基础上,许多具有特殊性能的特种陶瓷、特种玻璃、特性水泥、高性能耐火材料等新型无机材料被不断开发和应用,并显示出具有金属材料和有机高分子材料所无法比拟的优异性能,无机材料在越来越多的领域内开始替代金属材料和有机高分子材料,材料的利用更加合理和经济。由于新材料的发展和对传统材料的要求日益提高,无机材料的制备技术或工艺流程的开发显得尤为重要,因此社会急需熟知各种无机材料的生产过程、工艺、设备基本原理以及组成、结构、性能及制备条件间相互关系的高素质并具有较宽知识面和较强适应能力的专业人才。有关资料表明,目前全国共有七十多所高校开办和设置了无机材料专业或方向。在各高校无机材料专业培养方案制订和课程设置中,“无机材料工艺学”课程是主干课程和必修的专业课,在无机材料专业人才的培养中处于重要的地位。

无机材料种类繁多,性能差异大,应用研究范围广,而目前能系统介绍无机材料生产工艺及制备原理的教材很少。由于很多高校开办的无机材料专业大部分是由原陶瓷、玻璃、水泥、耐火材料等传统专业拓宽形成的,在主干专业课程设置上名为“无机材料工艺学”,但在教材选用上往往只能采用无机材料不同方向的相关工艺学教材,如《陶瓷工艺学》、《玻璃工艺学》、《水泥工艺学》、《耐火材料工艺学》等具有行业色彩的教材,这种按行业分割专业培养学生的模式,忽略了各种无机材料制备工艺的内在共性,难以适应当今社会经济与人才市场对毕业生综合能力和高素质的要求,难以满足对复合型人才的要求及发展新型无机材料等高新技术产业的要求;且这些教材大部分出版于 20 世纪八九十年代,内容相对陈旧,已不能很好地反映当今无机材料最新工艺和研究成果,给高校无机材料专业教学质量带来一定的影响。在这种形势下,我们按照教育部面向 21 世纪

材料类专业课程体系改革的教材建设要求,根据当前无机材料学科和工业技术的发展制定编写大纲,编写面向 21 世纪的《无机材料工艺学》教材。本教材改革了传统无机材料各专业工艺学教材的编写方法和体系,突出了无机材料制备和加工工艺的共性规律,并引入了新型无机材料制备工艺和技术的最新成果以及无机材料工业对环境的污染及其防治的相关内容,以适应 21 世纪的无机材料专业高级人才培养的需要。

《无机材料工艺学》的编写旨在加强学生的基础理论知识,调整知识结构,拓宽知识面,提高社会适应能力,以培养高质量智能型、复合型人才为目标,以无机材料为学科方向,促进陶瓷、玻璃、水泥、耐火材料等传统专业间的联系、交叉、融合和专业知识的相互利用。本教材在编写方法和内容精选上表现出以下特点:

(1) 打破以某一类无机材料(陶瓷、玻璃、水泥或耐火材料等)纵向工艺过程为主线的工艺学教材编写体系,摒弃其中关于操作技能的大篇幅叙述内容,改纵为横,突出无机材料生产和制备中各单元工艺,以单元操作的形式重点介绍无机材料生产和制备的共性规律和特色,使学生全面了解无机材料的制备原理和工艺流程的共性和特点,由此进一步掌握各种典型无机材料的生产方法、工艺过程、性能及其应用。

(2) 加入新型无机材料制备新工艺和新技术内容,力求尽量反映当代无机材料新工艺、新技术和新产品研究方面的进展和高新科技发展动向。

(3) 增加无机材料工业对环境的污染及其防治内容,以适应无机材料工业可持续发展的需要。

全书共分 12 章,包括无机材料工艺概论、无机材料组成、无机材料原料、原料加工与处理、配合料制备、熔制与相变、无机材料成型、物料及制品干燥与脱水、物料及制品烧成与煅烧、制品加工与处理、新型无机材料工艺与技术、无机材料工业环境保护等。本书在编写过程中力图密切联系当前无机材料生产实际和技术发展水平,系统介绍无机材料主要品种(陶瓷、玻璃、水泥、耐火材料)的基本概念,生产工艺,产品性能,实际应用以及无机材料各主要操作单元的原理及设备,并尽量反映当代无机材料的新产品、新工艺和新技术以及环境保护。本书涉及面广,系统性强,信息量大;内容全面,图表丰富,文字简练,概念清晰,实用性强。本书既可作为高等院校材料科学与工程、材料学、无机材料科学与工程、矿物材料和相关专业教学用书或参考书;也可供科研设计院所、厂矿企业、公司等从事无机材料、矿物材料及相关领域工作的广大科研人员、工程技术人员、管理人员及企业家参考。

本书由中南大学宋晓岚、长沙理工大学叶昌和武汉理工大学余海湖编著。

宋晓岚拟定教材大纲和编写框架,并编写第1章,第2章,第3章,第4章的4.4节、4.5节,第6章;叶昌编写第4章的4.1节、4.2节、4.3节,第5章,第7章,第8章,第9章;余海湖编写第10章,第11章,第12章。全书由宋晓岚负责统稿。

中南大学杨华明和金胜明两位教授审阅了本书书稿,并提出了许多宝贵的意见;本书的出版得到了冶金工业出版社的大力支持,作者在此一并表示衷心的感谢!同时对书中所引用文献资料的中外作者致以诚挚的谢意!

鉴于作者水平所限,书中不妥之处恳请广大读者批评指正。

作 者

2007年5月

长沙岳麓山下

目 录

1 无机材料工艺概论	1
本章提要	1
1.1 无机材料的特点与分类	1
1.2 无机材料的应用与发展	3
1.3 无机材料工艺学的研究内容	4
1.4 无机材料生产工艺的特性	5
1.4.1 无机材料生产过程的共性	5
1.4.2 无机材料生产过程的个性	6
1.5 典型无机材料概述	8
1.5.1 陶瓷	8
1.5.2 玻璃	16
1.5.3 水泥	31
1.5.4 耐火材料	41
本章小结	52
思考题	53
2 无机材料组成	54
本章提要	54
2.1 陶瓷组成	54
2.1.1 陶瓷坯、釉料组成表示方法	54
2.1.2 普通陶瓷坯料组成	57
2.1.3 陶瓷釉料组成	76
2.1.4 特种陶瓷组成	76
2.2 玻璃组成	88
2.2.1 玻璃组成演变与发展	88
2.2.2 玻璃组成中主要氧化物作用	91
2.2.3 玻璃组成设计	94
2.2.4 普通玻璃组成	96
2.2.5 特种玻璃组成	115
2.3 水泥组成	119

2.3.1 硅酸盐水泥熟料组成	119
2.3.2 硅酸盐水泥熟料矿物组成设计	124
2.3.3 通用水泥组成	128
2.3.4 特种水泥组成	129
2.4 耐火材料组成	137
2.4.1 耐火材料组成表征	137
2.4.2 硅质耐火材料组成	140
2.4.3 硅酸铝质耐火材料组成	141
2.4.4 镁质耐火材料组成	145
2.4.5 含锆耐火材料组成	147
本章小结	149
思考题	150
3 无机材料原料	151
本章提要	151
3.1 原料概述	151
3.1.1 原料的分类	151
3.1.2 原料的选择	153
3.2 天然矿物原料	155
3.2.1 黏土类矿物原料	155
3.2.2 石英类矿物原料	165
3.2.3 长石类矿物原料	168
3.2.4 钙质矿物原料	169
3.2.5 云母类矿物原料	171
3.2.6 铝质矿物原料	171
3.2.7 镁质矿物原料	172
3.2.8 铁质矿物原料	173
3.2.9 锆质矿物原料	174
3.2.10 含钠矿物原料	174
3.2.11 含钾矿物原料	175
3.2.12 含锂矿物原料	175
3.2.13 含硼矿物原料	176
3.2.14 其他矿物原料	177
3.3 合成化工原料	178
3.3.1 氧化物原料	178
3.3.2 非氧化物原料	186
3.3.3 无机盐类原料	196

3.4 工业废渣与废料	197
3.4.1 矿业废渣	197
3.4.2 冶金矿渣	199
3.4.3 化工废渣	201
3.4.4 回收加工料	203
3.4.5 其他工业废渣	204
3.5 辅助性原料	206
3.5.1 澄清剂(refining agent)	206
3.5.2 着色剂和脱色剂	207
3.5.3 氧化剂和还原剂(oxidant and reductant)	208
3.5.4 乳浊剂(opacifier)	209
本章小结	209
思考题	210
4 原料加工与处理	211
本章提要	211
4.1 破碎工艺与设备	211
4.1.1 破碎工艺流程	211
4.1.2 破碎设备	212
4.2 粉磨工艺与设备	214
4.2.1 粉磨工艺流程	214
4.2.2 粉磨设备	215
4.3 分级工艺与设备	218
4.3.1 粉体的分级原理	218
4.3.2 分级技术	218
4.3.3 分级设备	221
4.4 超细粉体制备	223
4.4.1 超细粉碎	224
4.4.2 固相法合成	225
4.4.3 液相法合成	227
4.4.4 气相法合成	233
4.5 粉体表面改性	239
4.5.1 粉体表面改性目的	239
4.5.2 粉体表面改性方法	240
4.5.3 表面改性剂	243
本章小结	247
思考题	248

5 配合料制备	249
本章提要	249
5.1 配合料制备要求与质量控制	249
5.1.1 陶瓷坯料和耐火材料坯料的种类、品质要求与控制	249
5.1.2 玻璃配合料质量要求与控制	252
5.1.3 水泥生料	252
5.2 配料计算与称量	252
5.2.1 陶瓷配料计算	252
5.2.2 玻璃配料计算	259
5.2.3 水泥配料计算	263
5.2.4 配合料称量	266
5.3 配合料制备工艺流程	267
5.3.1 陶瓷坯料制备	267
5.3.2 陶瓷釉料制备	270
5.3.3 玻璃配合料制备	272
5.3.4 耐火材料坯料制备	275
5.4 配合料混合与均化	276
5.4.1 陶瓷泥料的混练和陈腐	276
5.4.2 玻璃配合料混合	277
5.4.3 水泥生料均化工艺	278
本章小结	280
思考题	281
6 熔制与相变	284
本章提要	284
6.1 玻璃的熔制	284
6.1.1 硅酸盐的形成	286
6.1.2 玻璃的形成	289
6.1.3 玻璃液的澄清	292
6.1.4 玻璃液的均化	300
6.1.5 玻璃液的冷却	305
6.1.6 影响玻璃熔制的工艺因素	307
6.2 玻璃体的缺陷	316
6.2.1 气泡(气态夹杂物)	316
6.2.2 结石(晶态夹杂物)	319
6.2.3 条纹、线道和节瘤(玻璃态夹杂物)	321

6.3 熔体和玻璃体的相变	323
6.3.1 熔体和玻璃体的分相	323
6.3.2 熔体和玻璃体的析晶	328
6.3.3 熔铸耐火材料的晶化	333
本章小结	334
思考题	335
7 无机材料成型	336
本章提要	336
7.1 成型原理	336
7.1.1 流变学基础	336
7.1.2 粉体的成型机理	343
7.1.3 玻璃的成型机理	347
7.1.4 硅酸盐水泥的水化和硬化	349
7.2 颗粒料的粒化	355
7.2.1 玻璃配合料的粒化	355
7.2.2 坯料的造粒	356
7.3 坯体的成型	358
7.3.1 注浆法成型	358
7.3.2 可塑法成型	362
7.3.3 压制法成型	369
7.3.4 混凝土浆体的密实法成型	372
7.4 玻璃的成型	378
7.4.1 玻璃成型方法的分类	378
7.4.2 玻璃的成型制度	378
7.4.3 平板玻璃的成型	381
7.4.4 玻璃纤维的成型	386
7.4.5 容器玻璃制品的成型	387
本章小结	389
思考题	389
8 物料及制品干燥与脱水	391
本章提要	391
8.1 干燥原理	391
8.1.1 物料中水分的性质	391
8.1.2 物料的干燥过程	392
8.1.3 影响干燥速率的因素	393

8.1.4 制品在干燥过程中的收缩与变形	395
8.2 干燥方法	396
8.2.1 热空气干燥	396
8.2.2 电热干燥	397
8.2.3 辐射干燥	399
8.3 干燥工艺制度	400
8.3.1 干燥速率	400
8.3.2 干燥介质的温度与湿度	401
8.3.3 干燥介质的流速与流量	402
8.3.4 零压点的控制	402
8.4 干燥与脱水设备	402
8.4.1 颗粒料的干燥设备	402
8.4.2 坯体的干燥设备	404
8.4.3 浆料的脱水设备	407
本章小结	409
思考题	409
9 烧成与煨烧	411
本章提要	411
9.1 陶瓷的烧成	411
9.1.1 陶瓷坯、釉在烧成过程中的物理化学变化	411
9.1.2 瓷胎的显微结构	419
9.1.3 陶瓷烧成方式的选择	424
9.1.4 陶瓷产品烧成缺陷分析	425
9.2 耐火材料的烧成	426
9.2.1 耐火材料砖坯在烧成过程中的物理化学变化	427
9.2.2 影响砖坯烧成的工艺因素	427
9.2.3 不同耐火材料制品的烧成	429
9.3 烧成制度与烧成设备	430
9.3.1 烧成制度的确定	430
9.3.2 烧成设备	434
9.4 烧成新工艺和新技术	437
9.4.1 热压烧结	437
9.4.2 真空烧结	438
9.4.3 反应烧结	439
9.4.4 高温自蔓延烧结	439
9.4.5 微波烧结	439

9.5 水泥熟料的煅烧	440
9.5.1 水泥熟料的形成过程	440
9.5.2 矿化剂及微量元素对水泥熟料煅烧的影响	445
9.5.3 回转窑内的物料煅烧	448
9.5.4 悬浮预热和窑外分解	453
9.5.5 熟料冷却机	456
9.5.6 水泥熟料的立窑煅烧	459
本章小结	461
思考题	462
10 制品的加工与处理	464
本章提要	464
10.1 陶瓷和玻璃的装饰	464
10.1.1 陶瓷的釉饰	464
10.1.2 玻璃的彩饰	469
10.1.3 贵金属装饰及仿金饰	470
10.1.4 陶瓷及玻璃的其他装饰方法	472
10.2 玻璃的强化	474
10.2.1 玻璃中的内应力	474
10.2.2 玻璃的退火	476
10.2.3 玻璃的钢化	477
10.3 玻璃及陶瓷的封接	480
10.3.1 玻璃的封接	480
10.3.2 陶瓷的金属化与封接	482
10.4 冷加工	485
10.4.1 研磨与抛光	485
10.4.2 切割与穿孔	486
10.4.3 其他冷加工技术	487
10.5 表面处理	488
10.5.1 表面化学加工	488
10.5.2 表面改性	490
10.5.3 表面涂层	492
10.6 高温涂层	495
10.6.1 高温熔烧法	495
10.6.2 火焰喷涂法	496
10.6.3 等离子喷涂法	498
10.6.4 高温化学气相沉积法	500

本章小结·····	502
思考题·····	502
11 新型无机材料工艺与技术·····	503
本章提要·····	503
11.1 溶胶-凝胶技术·····	503
11.1.1 溶胶-凝胶法分类·····	504
11.1.2 溶胶-凝胶法工艺原理及影响因素·····	504
11.1.3 溶胶-凝胶技术在无机材料合成中的应用·····	509
11.2 物理气相沉积技术·····	511
11.2.1 真空蒸发沉积法·····	511
11.2.2 溅射法·····	513
11.2.3 离子镀膜法·····	514
11.3 化学气相沉积技术·····	515
11.3.1 化学气相沉积反应·····	515
11.3.2 化学气相沉积工艺·····	517
11.3.3 化学气相沉积在无机材料制备中的应用·····	520
11.4 材料复合技术·····	522
11.4.1 复合材料命名、分类和组成·····	522
11.4.2 增强原理及增强率·····	525
11.4.3 陶瓷基复合材料·····	526
11.4.4 金属陶瓷·····	528
11.4.5 水泥基复合材料·····	529
11.4.6 碳纤维增强碳复合材料·····	530
11.4.7 纳米复合材料·····	532
本章小结·····	538
思考题·····	539
12 无机材料工业环境保护·····	540
本章提要·····	540
12.1 无机材料工业对大气的污染及其防治·····	540
12.1.1 烟尘和粉尘的污染及其防治·····	542
12.1.2 收尘设备·····	548
12.1.3 废气的污染及其防治·····	554
12.2 无机材料工业废水污染及其防治·····	559
12.2.1 工业废水污染源及其分类·····	560
12.2.2 含固体悬浮物废水的污染及其防治·····	561

12.2.3 其他废水的处理	562
12.3 无机材料工业噪声及其防治	567
12.3.1 噪声污染的危害	567
12.3.2 噪声控制标准	568
12.3.3 无机材料工业噪声概述	569
12.3.4 噪声的防治	571
本章小结	574
思考题	574
参考文献	575

1 无机材料工艺概论

本章提要

无机非金属材料(简称无机材料)是除无机金属材料(简称金属材料)和有机高分子材料以外所有材料的统称。传统无机材料主要有陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料四种,化学组成均为硅酸盐类,因此亦称硅酸盐材料,是工业和基本建设所必需的基础材料。自 20 世纪 40 年代以来,随着新技术的发展,除上述传统材料以外陆续涌现出一系列应用于高性能领域的新型无机材料,包括特种陶瓷、特种玻璃、特种水泥等,是现代新技术、高技术、新兴产业和传统工业技术改造以及发展现代国防和生物医学所不可缺少的物质基础,它们的出现体现了无机材料学科近几十年取得的重大成就,它们的应用极大地推动了科学技术的进步,促进了人类社会的发展。

本章概要介绍了无机材料的特点、分类、应用与发展,阐述了无机材料工艺学的研究内容以及无机材料生产工艺的个性与共性,叙述了陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料四种典型无机材料的类别,在国民经济建设中的作用和生产工艺流程,重点综述了无机材料工业生产和技术的发展状况以及相应新材料的研究现状与发展趋势,以期对这四种典型无机材料的工艺概况和研究发展有初步的认识和基本的了解。

1.1 无机材料的特点与分类

材料一般指可以用来制造有用的构件、器件或其他物品的物质。按化学组成和显微结构特征,材料可以分为无机金属材料(简称金属材料)、无机非金属材料(简称无机材料)、有机高分子材料和复合材料四大类。与金属材料和有机高分子材料相比,无机材料具有如下特点:

(1) 化学组成上为无机化合物或非金属元素单质,包括传统的氧化物、硅酸盐、碳酸盐、硫酸盐等含氧酸盐,氮化物、碳化物、硅化物、硼化物、氟化物、硫系化合物、Ⅲ~Ⅳ和Ⅱ~Ⅵ化合物等非氧化物及其硅、锗及碳材料等。

(2) 形态与形状上包括多晶、单晶、非晶、薄膜、纤维、复合材料等。

(3) 晶体结构复杂。单个晶格可能包含多种元素的原子,晶格缺陷种类多。

(4) 原子间结合力主要为离子键、共价键或者离子-共价混合键,具有高的键能、大的极性。

(5) 制备上普通要求高纯度、高细度原料,并在化学组成、添加物的数量和分布、晶体结构和材料微观结构上能精确控制。

(6) 性能多样。具有高熔点、高强度、耐磨损、高硬度、耐腐蚀及抗氧化,宽广的导电性能、导热性、透光性以及良好的铁电性、铁磁性和压电性等特殊性能;但大多数无机材料拉伸强度低,韧性差,脆性大。

(7) 应用极其广泛。几乎在所有的领域都有无机材料的应用,尤其新型无机材料更是现代技术的发展基础,在电子信息技术、激光技术、光纤技术、光电子技术、传感技术、超导技术以及空

间技术的发展中占有十分重要的地位。

传统无机材料一般是指以天然的硅酸盐矿物(黏土、石英、长石等)为主要原料,经高温窑烧制而成的一大类材料,故又称窑业材料,主要有陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料四种,其化学组成均为硅酸盐,因此也称为硅酸盐材料。新型无机材料则是指应用于高科技领域的用氧化物、氮化物、碳化物、硼化物、硫化物、硅化物以及各种无机非金属化合物经特殊的先进工艺制成的具有优异性能的无机新材料,包括特种陶瓷、特种玻璃、特性水泥、新型耐火材料、人工晶体、半导体材料等。

无机材料种类繁多、性能各异。从传统硅酸盐材料到新型无机材料,众多门类的无机材料已经渗透到人类生活、生产的各个领域,需从多个角度对无机材料进行分类。无机材料按成分特点,可分为单质和化合物两大类;按结构特征,可分为单晶、多晶、玻璃、无定形材料、复合材料等;按形态,可分为体相材料、薄膜材料、纤维、粉体等;按性能特征和使用效能,又可分为结构材料和功能材料两大类;按合成制备工艺,还可分为烧结成材、湿法合成材料、涂镀材料、水硬材料等。表 1-1 对传统无机材料和新型无机材料按照基本的成分特点和结构特征进行了分类,可以看出,任何一个类别都包含非常丰富的材料种类,拥有十分宽广的应用范围。尤其是新型无机材料,不仅性能多样,而且材料的成分更加精细,结构更加复杂,加工制备工艺所涉及的学科领域更加宽广。

表 1-1 无机材料主要分类

种类	材料类别	成分、结构特点	应用领域
传统无机非金属材料	普通陶瓷	硅酸盐基、多相、多晶	日用陶瓷、建筑陶瓷、化工陶瓷等
	普通玻璃	以硅氧四面体空间网架为主体,疏松无序结构,非晶态	日用玻璃、建筑轻工玻璃、仪器玻璃、光学玻璃、电真空玻璃等
	胶凝材料	经煅烧的硅酸盐类矿物粉体,可以水硬化成人造石材	石灰、水泥、石膏、水玻璃等建筑用材
	耐火材料	人工矿物的组成体,高温下体积、强度稳定,抗腐蚀能力强	冶金高炉、陶瓷窑炉、高温容器、近代高科技工业(火箭、热核反应堆等)
	天然矿物材料	由自然地质作用形成、矿物体集合构成的岩石材料	建筑材料、艺术装饰、生活用具、化工、轻工设备、机械精密仪器等
	混凝土	由胶凝材料、颗粒状集料及外加剂加水硬化而成,堆聚结构	建筑结构、防水、耐酸、耐火、防辐射、喷射装饰、道路建设等工程应用
新型无机非金属材料	特种陶瓷	氧化物、非氧化物,成分精确控制,具有优异特性	分结构陶瓷和功能陶瓷,高温、机械、化工、电子、通讯、计算机、宇航、医学工程等近代高新科学技术领域
	特种玻璃	微晶、结构多样、性能独特	微晶玻璃、光导纤维、激光玻璃、半导体玻璃、超声延迟线玻璃、非线性光学玻璃、生物玻璃等
	特种水泥、混凝土	硅酸盐、铝酸盐、氟铝酸盐等	水利工程、大坝工程、油气井固井工程、耐高温工程、抗腐蚀工程、装饰工程、军事工程等
	新型碳材料	主要成分为碳、晶态或无定型	电极材料、高温结构材料、原子能工业减速剂等
	人工晶体	人工合成、单晶	激光技术、光电子技术、电子技术、高能技术及医疗技术等高新技术应用
	无机涂层	附于底材表面,具有特定功能	耐热抗氧化涂层、温控涂层、热处理保护涂层、光热转换涂层、具有特定机电功能的涂层等

1.2 无机材料的应用与发展

人类的发展历史充分证明,材料是社会文明和人类进步的里程碑。每一种重要材料的发现和利用,都会把人类支配和改造自然的能力提高到一个新的水平,给社会生产力和人类生活带来巨大的变化,把人类物质文明和精神文明向前推进一步。

无机材料的制造和使用有着悠久的历史。早在远古旧石器时代人们就使用经过简单加工的石器作为工具。到新石器时期已经出现粗陶器;我国商代开始出现原始瓷和上釉的彩陶;东汉时期的青瓷,经过唐、宋、元、明、清不断发展,已达到相当高的技术和艺术水平。青铜器时代的金属冶炼中已经开始使用黏土质和硅质材料作为耐火材料。从青铜器时代、铁器时代到近代钢铁工业的兴起,耐火材料都起着关键的作用。距今五六千年前的古埃及文物中就发现有绿色玻璃珠饰品,我国白色玻璃珠亦有近 3000 年的历史;17 世纪以来,由于用工业纯碱代替天然草木灰与硅石、石灰石等矿物原料生产钠钙硅酸盐玻璃,各种日用玻璃和技术玻璃迅速进入普通家庭、建筑物和工业领域。在距今五六千年的古代建筑中已开始大量使用石灰和石膏等气硬性胶凝材料,到公元初期水硬性的石灰和火山灰胶凝材料也开始被应用到建筑工业中,但是用人工方法合成硅酸盐水泥制品还只有 100 多年的历史;19 世纪初,英国人阿司普丁(J. Aspdin)发明用硅酸盐矿物和石灰原料经高温煅烧制成波特兰水泥(portland cement, 又称硅酸盐水泥),从而开始了高强度水硬性胶凝材料的新纪元。这些传统的无机材料经过不同历史时期在各个国家和地区不断发展,已经达到相当高的水平,形成了包括陶器、瓷器、砖瓦、玻璃、搪瓷、胶凝材料(包括水泥、石灰、石膏等)、混凝土、耐火材料和天然矿物材料等种类繁多的无机材料体系。

20 世纪 40 年代以后(第二次世界大战后期),无机材料的发展进入了一个新的阶段。在原料纯化、工艺进步、材料理论的发展、显微分析技术的提高、性能研究的深入、无损评估技术的成就以及相邻学科的推动等因素的作用下,传统无机材料的成分、结构、性能和应用得到了空前的延伸。人们发展了包括结构陶瓷、功能陶瓷、复合材料、半导体材料、新型玻璃、非晶态材料、人工晶体、炭素材料、无机涂层及高性能水泥和混凝土等一系列高性能先进无机材料,特别是具有电、磁、声、光、热、力等信息的存储、转换功能的新型无机功能材料,正在日益广泛地被应用在现代高技术领域,如微电子、航天、能源、计算机、激光、通信、光电子、传感、红外、生物医学和环境保护等领域,成为现代高新技术、新兴产业和传统工业的主要物质基础。如半导体材料的出现,对电子工业的发展具有巨大的推动作用,计算机小型化和功能的提高,与硅、锗等半导体材料密切相关;涂覆 SiC 热解碳-碳结合等复合材料在空间技术的发展中产生了巨大作用;人工晶体、无机涂层、无机纤维等先进材料已逐渐成为近代尖端科学技术的重要组成部分;各种矿物材料也因其电、光、磁、热、摩擦、密封、填充、增强、表面效应以及胶体性、化学活性与惰性、吸附性、载体与催化性等工业、农业、国防及民用等领域起着不可替代的作用。

20 世纪 90 年代以来,人类对无机材料的需求量越来越大,对其性能要求越来越高。无机材料的研究与应用进入了一个更新的发展阶段。纳米材料与技术的发展,引起了无机材料从原料合成、制备工艺、材料科学、性能表征以及材料应用的革命性进步。复合技术、材料设计等相关理论与技术的进步,大大扩充了新型无机材料发展与创造的空间。基于材料学、物理、化学、电子、冶金等基础学科的新型无机材料呈现空前活跃的发展前景,在近代高新技术领域发挥着日益重要的作用。

纵观人类利用材料的历史,可以清楚地看到无机材料在国民经济中的重要作用和地位,它们