我国非金属矿物材料发展现状与趋势*

汪 灵

张振禹

(中国科学院长沙大地构造研究所,长沙 410013)

(中国科学院地质研究所,北京 100029)

关键词 非金属矿 矿物材料 矿物材料学

矿物材料是指以天然矿物或岩石为主要原料,经不以提纯金属和化工原料为目的加工改造所获得的材料,或者能直接应用其物理、化学性质的矿物或岩石。笔者^[1,2]根据矿物材料的定义和加工改造特点,将矿物材料分为天然矿物材料、深加工矿物材料和复合、合成矿物材料等三大类。90年代以来,非金属矿物材料的研究与开发上出现了喜人的形势。

1 深加工矿物材料的性质研究与应用技术

将非金属矿物或岩石进行超细、超纯、改型、改性等深加工处理改造,是改变非金属矿物或岩石性质的有效方法,也是非金属矿增值的重要途径,如散装膨润土\$30/t,而有机膨润土\$2400~3600/t;重晶石散装未经磨碎者\$40/t,而药物级达\$2560/t;石墨原矿\$500/t,石墨密封材料\$7000/t,增值13倍,而石墨乳\$10000/t,增值20倍。

我国在深加工方面虽然起步甚晚,但近年来取得了可喜成果。通过引进、消化、吸收和开发,已研制出一批超细粉碎设备,如超微气流粉碎机的产品细度、能耗等主要技术指标已接近和达到国外同类设备水平;BQF型超音速内循环气流粉碎机适用于干法超细粉碎,细度可达1 μm ;CP型超细磨生产能力可达60kg/h;PQ750型气流粉碎机生产能力为200kg/h。此外,在粘土矿物高活性、高分散深加工工艺、高岭石剥片技术和膨润土改性研究,以及粘土生物材料工程等方面均取得了重要进展^[3]。

2 复合矿物材料的性质研究与应用技术

任何一种矿物材料都有它自身的优点,同时也有其自身的弱点。复合矿物材料能够取长补短,因而得到广泛应用。例如保温材料就是由一种或数种热导率低的矿物原料与粘结物质配制而成的一种常见的复合矿物材料。中国科学院广州地球化学所利用天然矿物为原料研制成功了高温辐射和隔热防腐涂料。这实际是一种用于加热器件装置中的金属-非金属复合材料^[4]。当今受到人们重视的另一种复合矿物材料是采用玻璃纤维、碳纤维、SiC纤维等为基体纤维与基体树脂粘接剂复合而成的高性能复合材料。另外,许多梯度功能材料也属于复合矿物材料。

梯度功能材料可以说是提出最晚、概念最新、发展最快的新材料之一。在这一领域研究中,武汉大学与国外合作,在金属-陶瓷系热应力缓和型梯度材料等方面取得了较大进展^[5]。

3 合成矿物材料的性质研究与应用技术

矿物或岩石经高温、高压等加工处理后,在物相、结构、成分等发生变化的同时,性质也发生变化。据此,可以合成具有不同性质和用途的矿物材料。例如,利用硅藻土、粉石英、膨润土、火山灰等生产微孔硅酸钙制品,具有容重小、导热系数低、无腐蚀、平整美观等优点,广泛用于电力、化工、石油、冶金用管道及热工设备保温以及建筑保温材料,这方面的技术在国内已日趋成熟。再如,中国科学院地质所在国内外首先研制成功了青刚玉新产品,其硬度和耐磨性等性能与刚玉相似,却有更好的质量价格比。中国科学院长沙大地构造所采用天然矿物原料合成了具有高抗热震性能的特种耐火材料,在陶瓷窑具等方面有广阔的开发应用前景。中国科学院地球化学所等单位利用开采铝土矿的废料为原料合成莫来石,利用贵州的钡矿物和粘土矿物合成钡长石特种耐火材料等^[3]。此外,一些单位还利用火山物质为主要原料制造保温、吸音、隔热材料——泡泡玻璃,利用玄武岩制造硅酸盐岩棉等方面取得重要进展。

4 纳米矿物材料的性质研究与应用技术

纳米科技诞生于 90 年代初期,不久即引起了科技界的广泛兴趣,并相继出现了冠以“纳米”为字首的分支学科,如纳米材料学、纳米矿物学、纳米生物学、纳米电子学、纳米机械学等。纳米材料学是纳米科技与材料学相结合的产物。由于有些纳米材料是由天然矿物超细深加工而成,所以这部分也可归属于深加工矿物材料大类,或称为纳米矿物材料。

纳米科技研究和应用 0.1~100 nm 粒子的原子现象及其特征。前人的研究结果证明,当物质的几何尺寸大小达到纳米级时,该物质的物理、化学性质(如颜色、脆性、韧性、熔点、比热、热膨胀系数、磁性、光性、声波、化学活性和溶解度等)会发生一系列的变化。这种变化叫做纳米效应。也有人把纳米微粒看作继物质三态(气态、液态、固态)之后的第四态^[6]。由于纳米材料具有不同于传统材料的独特性能而成为当前材料科学、物理界、化学界研究的国际前沿。若能在矿物材料研究中注意引进纳米学的思想,那么将给矿物材料的研究带来意想不到的成果,为新型矿物材料的研制开辟新的途径。目前,我国已开始对纳米级粘土微粒、SiO₂ 微粒和纳米级金微粒等方面进行研制及应用^[5]。

5 碳质矿物材料的性质与应用技术

碳质矿物材料是矿物材料学另一个值得高度重视的前沿领域。国际上很热门,有人称之为“黑旋风”。其实碳质矿物材料并不一定都是黑色,它可以由透明到黑色,也有各种颜色。更重要的是,它具有最全面的物化性质,也具有最广泛的用途,是一种应用前景十分广阔的全材料。例如,硬度最低的良好导体石墨和硬度最大的绝缘体金刚石都是碳质材料家族中的成员。当前最引人注目的是金刚石薄膜超硬材料和碳纤维复合材料。

大家知道,金刚石是迄今发现的所有矿物中最硬的。若能在刀具表面形成金刚石薄膜,对

于延长刀具使用寿命、提高产品加工精度都是至关重要的。因此,国内不少单位采用各种方法进行了金刚石镀膜理论与工艺技术研究,取得了一定进展。例如,中国科学院长沙大地构造所用直流弧光放电等离子技术进行金刚石薄膜的化学气相合成和金刚石镀膜制品的研制、应用取得了令人鼓舞的成果^[7,8]。

碳纤维是当前应用最广并最具特殊价值的一类纤维。它制成的复合材料是高性能复合材料,经济价值很高,1987年产值达200多亿美元,据Fitzer测算,到1996年碳纤维产量将增长4倍,是近10年来发展最快的一种材料^[9]。

碳纤维复合材料迅速发展的原因主要有三:一是碳资源丰富;二是可以循环使用,无污染、无毒害,是最清洁的材料;三是碳纤维具有一系列的优异性能,可说是近于全面的多形式的优异性能。在力学性能方面以美国UCC公司生产的产品为例,其抗张强度高达 $5\,099.5\text{ N/cm}^2$,刚度模量达 $3\times 10^5\text{ kg/mm}^2$,应变值 $>1\%$;热稳定性优良,燃点 $4\,020\pm 50\text{ K}$,低热膨胀系数(10^{-6} 级),化学稳定性好,抗腐蚀,不溶于酸碱,相对密度小(1.8~2.1)。这些性质是金属材料以及其它材料无可比拟的。用碳纤维制成的复合材料几乎可以成为工业生产、科学技术以及人民生活必需的所有材料,即是一类“全材料”。可以用碳纤维复合材料替代金属或其它材料(如陶瓷、水泥、木材等)做成各种制品,如器件、器材、用具,也可以制成承力构件,如飞机机翼、机身,美国军用飞机F-15、F-4、F-5A和商用机DC-10、L-1011使用碳纤维复合材料后,不仅性能特异,不反射雷达波,且替换部件比原部件重量减轻 $15\%\sim 30\%$,飞行速度提高 10% ;汽车上的 $20\%\sim 60\%$ 部件可以用碳纤维材料制作,包括载重片弹簧、驱动轴等承力构件,汽车自重可减轻 70% ,提高车速,节省汽油,mpg值(每加仑汽油行驶英里数)从1978年的18提高到1985年的27.5。碳纤维复合材料还用来制作压力容器、储能设备、建筑和家具等^[9]。

目前碳纤维主要生产国是日本、美国、德国、英国和俄罗斯等发达国家,在我国几乎处于空白状态。

6 资源的二次利用与废弃物质的资源化

随着矿产资源的逐年减少和矿渣、尾砂、烟尘等废弃物对环境的影响不断加剧,资源的二次利用与废弃物质的资源化问题也日益受到人们的重视。近年来,这方面的研究显得比较活跃,取得了较好的经济效益和社会效益,并成为非金属矿物材料较重要的发展方向之一。例如,我国各煤矿都有大量的煤矸石堆放,污染环境,占用大片土地。煤炭科学研究院西安分院等单位将以高岭石为主要成分的煤矸石进行煅烧、提纯、改性、超细及剥片等深加工处理,开发煅烧高岭土、全煤矸石超内燃烧空心砖等非金属矿物材料产品。我国现有尾矿库达420个,库容内储存量已达 $7\times 10^8\text{ m}^3$,而且还以每年700~800万吨的速度递增,真是“尾”满为患^[10]。中南工业大学等单位采用湖南某矿山尾矿砂为主要原料开发CaO-Al₂O₃-SiO₂系统的尾砂微晶玻璃,取得了初步的成果^[11]。贵州某厂每年排放上万吨刚玉烟尘,中国科学院地球化学所开展了刚玉烟尘开发建材、钾肥产品和有用元素回收等综合利用研究,进展较为顺利^[12]。此外,燃煤电厂排放粉煤灰中的空心微珠(特别是漂珠),由于其质轻、粒细、成分和性质特殊,目前已制成轻质漂珠砖,其最大特点是随着温度升高,导热系数和递增率比耐火纤维和传统的轻质耐火材料小,是一种新型节能耐火材料制品,目前已在国内许多地区建成漂珠砖生产线^[3]。

速查明华北煤田的陷落柱, 勘查地裂缝、新构造断裂带、滑坡体等地质灾害, 探测隐伏岩溶地下水等方面均取得了良好的效果。

(5) 水文学上的应用: 地下水中 ^{222}Rn 的积累是年龄和流速的函数, 利用放射性成因惰性气体间比值的氮-氡法, 可以测定地下水的大体年龄, 也可用来研究自流盆地的动力条件。

(6) 海洋环境中的应用: ^{222}Rn 可以作为近底部垂直混合作用的示踪剂, 使用近底层的过剩 ^{222}Rn , 可以测量深海垂直混合速。

参 考 文 献

- 1 UNSCER Report: Ionizing radiation sources and biological effects. Annex A & D. New York UN. 1982
- 2 宋广舜. 环境医学. 天津: 天津科学技术出版社, 1987
- 3 卢伟. 居室氧气致癌与防治. 北京: 地质出版社, 1995. 1~130
- 4 杨超群. 花岗岩不是“无形杀手”吗? 羊城晚报, 1995年10月28日
- 5 曹菲. 地矿部等四部门联合攻关表明氡是诱发肺癌的重要原因之一. 中国地质矿产报, 1995年4月10日
- 6 杨超群. 氡的危害及其防治. 农业现代化研究, 1995, 16(增刊): 22~23
- 7 刘英俊, 曹励明, 李兆麟等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984. 227~241

(上接 255 页)

参 考 文 献

- 1 汪灵, 张振禹, 叶大年. 矿物材料及矿物材料学. 建材地质, 1995. (2): 7~10. 48
- 2 张振禹, 汪灵, 叶大年. 矿物材料及其在中国加强研究的必要性. 见: 彭明生, 张惠芬主编. 矿物物理与矿物材料新工艺. 广州: 中山大学出版社, 1995. 42~44
- 3 中国矿物岩石地球化学学会矿物岩石材料专业委员会. 矿物岩石材料研究进展. 见: 欧阳自远主编. 中国矿物学岩石学地球化学研究新进展. 兰州: 兰州大学出版社, 1994. 1~5
- 4 王辅亚, 张惠芬, 王德强等. 高温辐射和隔热防腐涂料的研制. 见: 彭明生, 张惠芬主编. 矿物物理与矿物材料新工艺. 广州: 中山大学出版社, 1995. 58~60
- 5 张联盟, 涂溶, 袁润章. 梯度材料的研究进展与发展新动向. 中国陶瓷工业, 1995. 2(1): 23~26
- 6 章振根. 纳米科技与地学研究的思考. 大地构造与成矿学, 1995. 19(1): 77~82
- 7 傅慧芳, 刘顺生等. 直流弧光放电等离子体化学气相法生长高品质金刚石薄膜. 科学通报. 1993, 38(17): 1585~1587
- 8 傅慧芳, 刘顺生, 张湘辉等. 热等离子体技术在矿物材料研究中的应用. 见: 彭明生, 张惠芬主编. 矿物物理与矿物材料新工艺. 广州: 中山大学出版社, 1995. 48~50
- 9 郑轶. 碳纤维及其复合材料现状. 见: 彭明生, 张惠芬主编. 矿物物理与矿物材料新工艺. 广州: 中山大学出版社, 1995. 44~46
- 10 孙春宝, 白映晖. 应重视开发利用我国尾矿资源. 见: 彭明生, 张惠芬主编. 矿物物理与矿物材料新工艺. 广州: 中山大学出版社, 1995. 141~143
- 11 韦奇, 张术根, 王大伟等. $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系统的尾砂微晶玻璃. 见: 彭明生, 张惠芬主编. 矿物物理与矿物材料新工艺. 广州: 中山大学出版社, 1995. 146~148
- 12 田元江, 李惠文, 杨涛等. 刚玉烟尘综合利用新途径与新方法研究. 见: 彭明生, 张惠芬主编. 矿物物理与矿物材料新工艺. 广州: 中山大学出版社, 1995. 139~141