



硼酸镁晶须应用研究进展

马正先, 王万起, 刘豹, 马志军

(辽宁工程技术大学资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 硼酸镁晶须作为一种新型的功能材料已在金属及其合金、陶瓷、塑料及高分子化合物等许多领域获得应用, 本文对硼酸镁晶须应用技术方面的国内外研究现状进行了系统回顾, 详细论述了硼酸镁晶须的应用范围和效果, 并针对硼酸镁晶须应用技术中存在的问题, 指明了发展方向。

关键词: 硼酸镁; 晶须; 应用

中图分类号: TQ128.54 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6532(2008)06-0037-03

1 前言

晶须是以晶体形式生长的一类纤维材料, 由于具有高强度、高硬度、高弹性模量、高伸长率、质轻、耐高温、耐高热、耐腐蚀等优异性能^[1-5], 已在航空航天、交通运输、塑料、化工、冶金、机械、石油、电子、国防等领域得到越来越广泛的应用^[5-8]。

硼酸镁是一种非常重要的金属硼酸盐, 具有多种结构形式^[9], 不同结构形式的硼酸镁可作为烃类转化催化剂^[10]、荧光灯的发光材料、阴极射线和 X 射线屏^[11-15]等。硼酸镁还是一类重要的陶瓷材料, 可作塑料等的增强材料^[16]。

硼酸镁晶须通常所指为 $Mg_2B_2O_5$, 亦称焦硼酸镁晶须。硼酸镁晶须轻质、高韧、耐磨、耐强碱、抗氧化、耐腐蚀、耐高温、绝缘性好、不易被浓热碱所侵蚀, 微溶于水, 水溶液呈中性, 能很好地分散在有机和无机溶液中, 经表面处理可以应用于铝、镁及合金、塑料复合材料以及高分子材料中^[17,18]。并且它在增强铝镁合金复合材料时, 不会象硼酸铝晶须那样发生界面反应, 因此, 它在增强铝镁合金方面比硼酸铝晶须具有更好的应用前景。硼酸镁晶须作为一种高性价比的晶须产品, 是新型增强材料潜在的有力竞争者, 有望在复合材料领域得到广泛应用。

2 硼酸镁晶须的应用

2.1 硼酸镁晶须增强金属复合材料

硼酸镁晶须经表面处理, 与金属基体间具有很好的相容性^[19], 形成的金属基增强复合材料, 具有强度高、韧性好、弹性模量高等优点^[20]。

李慧青等^[5,8]利用挤压铸造法制备了硼酸镁晶须增强铝 6061 复合材料。研究表明: 添加 20% 的硼酸镁晶须, 使复合材料弹性模量由 70GPa 增加到 105GPa, 增加了 50%; 拉伸强度由 250MPa 增加到 280MPa, 增加了 12%。

吴小王等^[1]用硼酸镁晶须制备铝基增强复合材料的表明, 其抗拉强度和弹性模量分别达到 420MPa 和 105GPa, 已接近于钛合金性能。该铝基复合材料重量轻(密度仅为 $2.7 \sim 2.9g/cm^3$)、强度高(抗拉强度是传统铝合金的 2 倍, 弹性模量是传统铝合金的 1.5 倍)、成本低(仅为钛合金材料的 1/3), 可在一定程度上取代传统的钛合金材料, 而在军事工业、航空、航天工业等材料中得到普遍应用。

以硼酸镁晶须作为增强体的铝基复合材料具有高比强度、高比刚度、低热膨胀系数、高耐磨性等优点, 可以通过常规的热加工方法对其进行二次加工, 试验发现, 5% 硼酸镁晶须增强铝基材料热挤压型材

收稿日期: 2008-03-03

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(批准号 50502011)

作者简介: 马正先(1962-), 男, 博士, 教授, 主要从事粉体技术、矿物材料与纳米材料等方面的教学与研究工作。

的性能可以达到:抗拉强度 80 ~ 750MPa,弹性模量 75 ~ 135GPa,密度 2.75 ~ 2.90g/cm³,延伸率 5% ~ 70%^[21]。

硼酸镁晶须和陶瓷颗粒增强铝基复合材料具有高耐磨性,稳定的摩擦系数,良好的导热性能和优良的高温性能。可用于摩托车、汽车制动器衬片,其性能指标为:抗拉强度 500 ~ 650MPa,弹性模量 110 ~ 120GPa,密度 2.6 ~ 3.0g/cm³,不同温度下的摩擦系数分别为 0.25 ~ 0.65 (100℃)、0.25 ~ 0.70 (150℃)、0.25 ~ 0.70 (200℃)、0.20 ~ 0.70 (250℃)、0.15 ~ 0.70 (300℃)^[22]。

研究表明,硼酸镁晶须能提高铝基材料的力学性能,利用其轻质、高韧、耐磨、耐蚀的特点,可将其应用到许多场合,如用于发动机活塞、连杆、压缩机气缸、汽车刹车片和离合器的衬片等耐热、耐磨部件。

研究还表明,硼酸镁晶须不仅可增强铝合金,也可以增强镁合金。如利用硼酸镁晶须制备增强镁合金 MB15 的研究中,为了增加晶须分布的均匀性,减少复合材料内部的制备缺陷,对复合材料进行了挤压,挤压比为 1:10,结果使弹性模量增加了 10% ~ 20%^[5,8]。

2.2 硼酸镁晶须增强塑料复合材料

硼酸镁晶须增强塑料(尼龙-6)复合材料的研究结果显示^[8],其热变形温度可由 75℃ 提高到 200℃,拉伸强度可由 72113MPa 提高到 116102MPa,断裂伸长率可由 11185% 提高到 16118%,弯曲强度可由 12412MPa 提高到 21513MPa,弯曲模量可由 2166GPa 提高到 7019GPa,比钛酸钾晶须具有更强的增强能力,更适宜制作精小的工程塑料零部件(如手表、照相机等内部零件)及超薄壁零部件。

填充硼酸镁晶须的塑料成型流动性好,接近于无填充的树脂,晶须可达到精细部件的任意角落,并且表面平洁光滑,成型精度高,部件尺寸稳定性强。硼酸镁晶须增强塑料复合材料具有优异的耐磨损及滑动性能,可用于汽车的刹车片和离合器的衬片;滚压设备上的轴承、齿轮等;也可用于滑轮、凸轮、拉锁、体育运动用品^[5,7,8,23,24]。

2.3 增强陶瓷基复合材料

硼酸镁晶须用于增强陶瓷和玻璃可提高材料的冲击强度、弹性模量、硬度和压伸强度等。到目前为

止,晶须增韧的陶瓷材料已成功地应用在中切削刀具、耐磨件、宇航及军用零件上^[6]。

2.4 其他应用

大量实验证明,当硼酸镁在电熔氧化镁中的质量分数为 0.3% 时,掺杂电熔氧化镁的适用温度比原氧化镁砂提高了 200℃^[25]。

润滑油中添加硼酸镁纳米丝,可以显著降低其摩擦系数,用于耐磨纳米装置中^[26]。

可以预见,硼酸镁晶须将以性能价格比高的特点,出现在复合材料市场上,在航天航空先进复合材料技术的民用化进程中,硼酸镁晶须增强材料的开发,将占有重要地位。

3 存在的问题与发展方向

通过对硼酸镁晶须制备与应用的初步研究表明,硼酸镁晶须对于改造传统产业,提高产品的技术含量和附加值具有重要意义。由于硼酸镁晶须的制备与应用尚处于发展阶段,它涉及到物理、化学、化工、材料等众多学科,还存在许多问题,因此需要各方面的研究力量和技术支持。

为了更好地应用硼酸镁晶须,不仅需要对其进行微观分析、测试和表征,同时还应对其宏观特性(其机械、力学特性等)作出系统研究,这是有待科研工作进一步研究的课题之一。

目前,晶须增强的铝、镁基复合材料已在一些领域应用成功,并且对晶须增强铝基复合材料的腐蚀行为、热膨胀、超塑性以及晶须取向等进行了较为广泛的研究,但晶须增强机理、制备工艺和结构特性尚不是十分明朗,为了进一步提高材料的性能,降低制造成本,必须加强晶须增强机理、制备工艺和结构特性等问题的进一步研究,以促进其产业化进程。

研究表明,硼酸镁晶须增强塑料复合材料具有许多优异的性能,但在成型工艺与设备方面还存在一些问题,因此应加强成型工艺研究(包括复合体系中偶联剂的类型及处理方法),加强晶须增强塑料设备的研究,开发出混合效果好、剪切作用低的造粒与成型设备。

由于应用研究开展较少,目前硼酸镁晶须的应用范围还较窄,因此要拓宽硼酸镁晶须的应用领域。为此,应加强科研院所与企业的联合,增大投入力度,促进传统产业的系统改造和产品的升级换代。可以预计,通过各方面的协同努力,硼酸镁晶须将展

现出更加广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 吴小王, 钟辉, 胡克伟. 镁盐晶须增强材料的研究及应用[J]. 化工新型材料, 2005, 33(12): 13~16.
- [2] 李武编著. 无机晶须[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] 胡克伟, 李东升, 孙彦军. 硼酸镁晶须增强材料的制备和应用[J]. 广东微量元素科学, 2006, 13(4): 14~16.
- [4] 戴静, 王敏, 张金才. 硼酸盐晶须在复合材料中的应用[J]. 化工矿物与加工, 2005(10): 36~38.
- [5] 李慧青, 张漪, 孙萱, 等. 若干无机盐晶须的研究状况与展望[J]. 无机盐工业, 2002, 34(2): 17~20.
- [6] 李强, 周启立, 宋晓莉. 硼酸镁晶须的制备及应用[J]. 无机盐工业, 2004, 36(2): 13~14.
- [7] 李武, 靳治良, 张志宏. 无机晶须材料的合成与应用[J]. 化学进展, 2003, 15(4): 264~274.
- [8] 李慧青, 张淑芬, 张漪, 等. 新型增强材料—硼酸镁晶须[J]. 化工新型材料, 2001, 29(1): 16~18.
- [9] A. F. Qasrawi. Synthesis and characterization of $Mg_2B_2O_7$ [J]. Materials Research Bulletin, 2005, 40: 583~589.
- [10] T. Mutluer, M. Timucin. Phase Equilibria in the system $MgO - B_2O_3$ [J]. Journal of American Ceramic Society, 1975, 58(5-6): 196~197.
- [11] E. G. Baker. Boron zinc oxide and boron magnesium oxide catalysts for conversion of hydrocarbons [P]. US02889266, 1959.
- [12] P. W. Ranby. Titanium activated magnesium borate [P]. US02758094, 1956.
- [13] C. Furetta, G. Kitis, E. S. Weng, T. C. Chu. Thermoluminescence characteristics of $MgB_4O_7: Dy, Na$ [J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 1999, 420: 441~445.
- [14] 常树岚. 四硼酸镁光致发光材料的性能研究[J]. 延边大学学报(自然科学版), 1994, 20(3): 43~46.
- [15] 陈国云. 掺 Dy 的硼酸镁热释光(TL)材料的研制[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2005, 44(3): 34~37.
- [16] N. Kihachiro. Modified magnesium borate and its production [P]. JP63107810, 1988.
- [17] 边绍菊. 硼酸镁晶须的优化制备及生长过程分析探讨[D]. 中国科学院研究生院, 2007.
- [18] 罗俊杰. 硼酸镁纳米材料的制备和表征[D]. 华中师范大学, 2007.
- [19] ATSUSHIN. Manufacture of magnesia whiskers [P]. JP308899. 1995-03-24.
- [20] 张宝全. 柴达木盆地盐湖镁盐工业的发展及对策[J]. 海湖盐与化工, 2001, 30(3): 17~21.
- [21] 费维栋, 石钢, 李宜林, 等. 硼酸镁晶须增强铝基复合材料及制备工艺 [P]. CN02132869. 2.
- [22] 费维栋, 石钢, 李宜林, 等. 一种硼酸镁晶须和陶瓷颗粒增强铝基复合材料的制动器衬片及制备工艺 [P]. CN02132870. 6.
- [23] SAKANEK, KITAMURAT, WADAH, et al. Effect of mixing state of raw material in the preparation of $Mg_2B_2O_7$ whiskers [J]. Advanced Powder Technology, 1992, 3(1): 39~46.
- [24] 靳治良, 李武, 张志宏. 硼酸镁晶须的合成研究[J]. 无机盐工业, 2003, 35(3): 22~24.
- [25] 曹秀军, 朱卫兵, 韩陈, 等. 纳米硼酸镁的制备及其应用[J]. 盐业与化工, 2007, 36(4): 13~15.
- [26] Yi Zeng, Haibin Yang, Wuyou Fu, et al. Synthesis of magnesium borate ($Mg_2B_2O_7$) nanowires, growth mechanism and their lubricating properties [J]. Materials Research Bulletin, doi:10.1016/j.materresbull, 2007.

Progress in Applied Research of Magnesium Borate Whiker

MA Zheng-xian, WANG Wan-qi, LIU Bao, MA Zhi-jun
(Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning, China)

Abstract: As a new-type functional material, magnesium borate whiker has been used in many fields such as plastic, metal, alloy, ceramic, high molecular compounds, etc. The research and development activity of magnesium borate whiker both home and abroad is systematically reviewed. The application range and application effects of magnesium borate whiker are discussed in detail. At last, directed toward existing problems of the magnesium borate whiker in application technology, the future development directions are pointed out.

Key words: Magnesium borate; Whiker; Application