

“金属基复合材料”课程在材料科学与工程发展中的变化

胡津 唐莎巍

哈尔滨工业大学材料科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001

[摘要] 作为高等学校教师在教学过程中我们不但要提高自己的素养及知识储备, 更要及时更新教学内容、改革教学方法、增加教学手段以提高教学质量。金属基复合材料是我们专业硕士研究生的一门选修课程内容, 在专业应用型人才的培养方面具有重要作用。文中介绍了该课程的教学内容, 分析了随科学技术的发展, “金属基复合材料”经历了从独立课程到“先进结构材料研究进展”的部分内容再到“金属基复合材料”独立课程的演化过程。教学大纲的修改, 教学内容的变更以及教学方法和手段的更新, 紧跟时代的发展与需求, 满足学生对知识的需求与渴望。

[关键词] 金属基复合材料; 科技发展; 教学思考; 教学改进

DOI: 10.33142/fme.v5i2.12901

中图分类号: TB331

文献标识码: A

Changes in the Development of Materials Science and Engineering in the Course of "Metal Matrix Composites"

HU Jin, TANG Shawei

School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, 150001, China

Abstract: As teachers in higher education institutions, we not only need to improve our own literacy and knowledge reserves in the teaching process, but also need to update teaching content, reform teaching methods, and increase teaching methods in a timely manner to improve teaching quality. metal matrix composites are an elective course content for our professional master's students, and play an important role in cultivating professional applied talents. This article introduces the teaching content of this course, analyzes that with the development of science and technology, "metal matrix composites" has gone through the evolution process from independent courses to "advanced structural material research progress" and then to "metal matrix composites" independent courses. The revision of teaching syllabus, changes in teaching content, and updates in teaching methods and means keep up with the development and needs of the times, so as to meet the needs and desires of students for knowledge.

Keywords: metal matrix composites; technological development; teaching thinking; teaching improvement

引言

随着现代科学技术的迅猛发展, 单一材料的性能已经无法满足迅速增长的对材料性能的严苛要求, 特别是航天、航空、电子、汽车以及先进武器系统的发展对材料提出了更高的要求, 对轻质高强结构材料的需求十分强烈^[1-2]。由于航天装置越来越大, 作为结构材料的结构效率变得更为重要, 如宇航构件为保持其强度、刚度就必须采用高比强度、高比刚度和轻质高性能结构材料; 又如, 电子技术的迅速发展, 大规模集成电路器件的发展, 集成度越来越高, 功率也越来越大, 器件的散热成为阻碍集成电路迅速发展的关键, 需要热膨胀系数小、导热性能高的电子封装材料。很显然, 单一的金属、陶瓷、高分子等工程材料均难以满足这些迅速增长的性能要求, 复合材料则应运而生^[3-4]。

1 金属基复合材料研究进展课程的特点

1.1 课程设置

20世纪90年代金属基复合材料在我们国家发展得轰轰烈烈, 各大高校及研究所争先开展金属基复合材料的基础与应用研究工作。国家在“十一五”“十二五”期间持续资助与金属基复合材料相关的科研项目。通过研究, 大

量的科研数据以及相关理论日趋成熟、日渐完善。

金属基复合材料的发展持续而迅速, 在许多工业应用中金属基复合材料已成为实际可行的材料选择之一。对于材料及力学工程师而言, 深入了解金属基复合材料是难能可贵的。哈尔滨工业大学材料学院自2005年针对硕士研究生开设了32学时的“金属基复合材料研究进展”课程。该课程系统地讲述了金属基复合材料的组织结构、性能及应用的各个方面。

1.2 课程内容

复合材料是由两种或两种以上物理和化学性质不同的物质按一定方式、比例、分布, 通过复合工艺组成的一种多相固体材料, 其性能明显优于原材料。它既可保持原材料某些特点又可发挥组合后的先进特征^[5-6]。金属基复合材料则是由金属和增强体所组成的固体材料。

课程的每一章以基本原理为基础进行讲解与介绍, 课程的重点放在涉及到的概念与机制上, 同时也介绍了分析处理的数学背景。整个课程围绕颗粒、短纤维和长纤维增强体, 着重讲解金属基复合材料的力学性能、增强体的存在对刚性、强化和断裂特性的影响。对金属基复合材料的生产和制备工艺方面也进行了较为详尽的讲解, 此外还涉及到

金属基复合材料的一些其他性能以及表征和测试手段。

在第一章的绪论中,介绍了金属基复合材料的种类及其微观组织的一般特征,介绍了金属基复合材料的历史背景以及其在国内外的研究现状;第二章讲述了金属基复合材料设计的基本原则,包括金属基复合材料的体系选择及材料设计,金属基复合材料制备工艺方法的选择,以及基体材料和增强体的选择;第三章有关金属基复合材料的制造方法向学生讲述了金属基复合材料制造的难点及解决途径,介绍了金属基复合材料制造方法的分类,金属基复合材料的后续加工以及金属基复合材料的机加工与连接;针对金属基复合材料的特点,第四章重点讲述了金属基复合材料的界面,涉及到界面的基本概念,界面的类型与界面结合,界面的物理化学特性;第五章则针对金属基复合材料基体微观组织结构的变化进行了详细的讲解,包括基体中位错的结构和行为,基体的析出行为以及晶粒结构、织构、回复和再结晶;第六章则对金属基复合材料的断裂过程与失效进行了分析,涉及到长纤维金属基复合材料中的失效过程,不连续金属基复合材料的失效过程,金属基复合材料断裂韧性和疲劳裂纹长大以及微结构变化对材料的影响;第七章开展了环境对金属基复合材料性能的影响讲述,对金属基复合材料的摩擦行为,机械阻尼性能以及氧化与腐蚀行为进行了分析,最后一章针对金属基复合材料的表征方法与检测技术进行了全面的讲解,并探讨了金属基复合材料今后的应用及发展。

金属基复合材料主要集中于高科技领域,学生接触较少,在当时来说属于知识前沿。

2 课程体系的发展

2.1 教学重点的转移

随着科技的进步,金属基复合材料的发展已经从基础研究逐渐走向应用研究,金属、陶瓷、高分子等研究方向也各有千秋,系统地讲解有关金属基复合材料的基础知识已不再能满足多元化体系的发展^[3]。为此,我们从2010年开始将“金属基复合材料研究进展”的课程修改为“先进结构材料研究进展”,金属基复合材料作为该课程中的一部分内容,课时的减少意味内容的削减,及时地调整教学重点为学生呈现满足教学大纲的课程十分必要。新课程的目的和基本要求是使学生了解先进结构材料(金属、金属基复合材料、陶瓷材料与高分子材料)的现状与发展趋势,掌握先进结构材料的基本特点,并了解结构材料结构-性能-制备-应用之间的关系。通过本课程的学习使学生更好地了解这些材料的潜力与局限性,探讨其中的物理冶金原理、应力分析以及工艺科学,掌握这些先进结构材料的设计理论与制备方法,能根据使用性能要求合理选择和设计金属材料中的合金元素、复合材料中的基体与增强体等。内容包括先进结构材料概述、发展应用与未来。

2.2 教学内容的更新

在新的课程体系中,由于学时的缩减,无法系统讲解

金属基复合材料的基本原理。在十年的教学过程中,课程的内容也不断更新。由于增强体不再是单一体系,除了晶须、颗粒、长短纤维以外,碳纳米管以及石墨烯等二维材料的出现为金属基复合材料体系注入了新的元素,也对材料的制备工艺提出了新的挑战。为此课程第一章介绍金属基复合材料的分类、金属基复合材料的应用与展望;第二章介绍金属基复合材料的结构优化,包括多元/多尺度金属基复合材料、微结构韧化金属基复合材料、层状金属基复合材料、泡沫金属基复合材料;第三章讲述金属基复合材料的设计与应用,涉及金属基体选择(铝、镁、钛、铁、铜等),增强体选择(颗粒、纤维、晶须、混杂、反应自生、碳纳米管),界面状态设计(界面反应、界面沉积、增强体涂覆)等,第四章讲述金属基复合材料的制备方法与研究进展,主要针对新材料体系的制备;第五章讲述轻质高强金属基复合材料结构与性能。

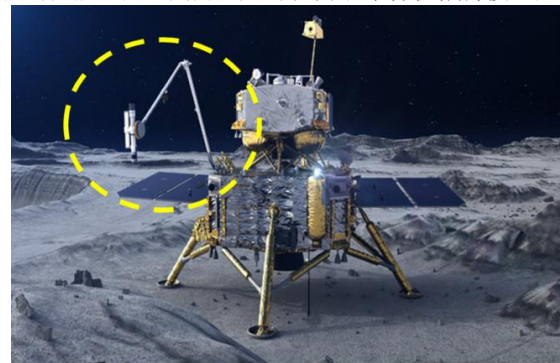
3 先进金属基复合材料的发展及应用

3.1 国家荣誉

1978年美国发布了硼纤维增强铝基A1复合材料作为货舱承载骨架的结构件在哥伦比亚号航天飞机上的应用。由于价格昂贵以及保密等原因并未带动金属基复合材料的研究,1982年日本率先报道了A1203/A1复合材料作为发动机活塞在丰田汽车上的应用,由此开创了金属基复合材料在民用领域应用的先河。

在过去的四十年里,金属基复合材料已发展成为一类重要的材料。然而在关键材料和技术上仍被国外所垄断。为打破国外材料禁运与技术封锁,满足国家重大需求,我国科研工作者另辟蹊径,自主研发先进复合材料。经过不懈的努力与创新发展,金属基复合材料在国之重器上得到了关键应用。

哈尔滨工业大学耿林教授和张学习教授团队研制的嫦娥五号月表采样机械臂,完成了多种复杂月面自主采样动作,实现了晶须增强铝基复合材料承力结构件在航天领域的重要应用。嫦娥五号工程是我国探月工程“绕”“落”“回”中的最后一步,其中,月表采样机械臂是嫦娥五号成功完成采集月球样品并返回地球任务中的关键部件。该团队参与研制的高性能机械臂结构件,在月面采样作业中表现出优良的性能。图1为嫦娥五号及月表采样机械臂模型图。



嫦娥五号月表采样机械臂模型图
图1 嫦娥五号及月表采样机械臂模型图

哈尔滨工业大学武高辉教授团队采用自主知识产权的光学级铝基碳化硅(SiC/Al)复合材料技术,突破了传统反光镜径厚比的极限,保障了航天员出舱活动的顺利进行。图2为航天员出舱反光镜。



图2 航天员出舱反光镜

3.2 课程建设

金属基复合材料研究的长足发展,推进了金属基复合材料的课程建设,为彰显我校科研成果,同时将其与理论基础相结合,提高学生对国家科技发展的了解,我们又重新为研究生开设了“金属基复合材料”课程。在教学内容上,更多地呈现其新颖性与前沿性。教师结合自己的科研工作,结合国内外先进的材料制备技术,在原有理论的基础上更新和增设了新的教学内容,针对每一个知识点均补充进更多的科研元素,以激发学生兴趣、增强学生吸引力并提高学生的爱国主义热情。授课内容通过文字配备图片,并结合动画、视频播放等进行多方面的展示,达到了较好的教学效果。

4 结语

课程改革的根本目的是帮助学生更好地掌握一门课

程,作为材料科学与工程专业硕士研究生的选修课,金属基复合材料的内容在拓展学生的知识面和扩展学生的思维等方面都具有积极的作用。金属基复合材料是不断持续研究的课题,随着科学技术的不断发展,对金属基复合材料结构与层次的研究也必将越来越深入,通过课程的学习充分调动学生的积极主动性,进而激发学生的创造性,使学生在在学习过程中丰富知识、扩展视野、尽早成为适合社会发展需要的复合型人才。

[参考文献]

- [1]TW 克莱因,PJ 威瑟斯.金属基复合材料导论[M].北京:冶金工业出版社,1996.
 - [2]廖建国,马婷婷.材料科学与工程专业无机非金属方向《复合材料概论》课程的改革与实践[J].高等教育研究,2020(33):140-142.
 - [3]李忠文,金慧玲,李士胜.混杂增强金属基复合材料的研究进展[J].中国材料进展,2016,35(9):694-699.
 - [4]梁向锋,陈刚,赵玉涛.高校公共选修课教学改革思考[J].黑龙江科学,2022,13(7):103-105.
 - [5]杨继年,丁国新,王周锋.《复合材料概论》课程的教学设计与实践[J].广州化工,2015,43(3):167-168.
 - [6]吴小文,闵鑫,房明浩,等.《复合材料导论》课程教学研究与实践[J].教育教学论坛,2017(45):137-139.
- 作者简介:胡津,哈尔滨工业大学材料科学与工程学院,教授,工学博士,主要研究方向为金属基复合材料及材料腐蚀与防护,主讲课程为先进结构材料研究进展;唐莎巍,哈尔滨工业大学材料科学与工程学院,副教授,工学博士,主要研究方向为材料表面处理,主讲课程为固体物理。