

新工科背景下《聚合物基复合材料》课程改革与实践

夏建荣*, 张于弛

(闽江学院材料与化学工程学院, 福州 350108)

摘要:根据新工科背景下高分子材料与工程专业人才培养的要求。针对《聚合物基复合材料》课程的教学现状,教学团队尝试在教学方法上进行改革。将科研成果融入到聚合物/石墨烯纳米复合材料章节的课堂教学中。通过对科研成果的分析讨论,加深了学生对复合材料流变性能的理解,搭建了复合材料的内部微观结构与外部性能之间的桥梁,为复合材料的成型工艺提供了理论指导。通过实践提高了学生的学习兴趣,培养了学生的创新思维和科研能力,为我校创新型、应用型人才的培养奠定基础。

关键词:科研成果;教学;复合材料

2017 年教育部发布的《关于开展新工科研究与实践的通知》,新工科理念贯彻执行将对我国高等教育教育,尤其是创新型、应用型人才的培养具有深远的影响^[1]。在新工科背景下,作为工科专业教师旨在培养学生的独立思考能力、创新思维、注重学科工程实用性的“新工科人才”^[2]。秉承这一教育理念,在对《聚合物基复合材料》课程进行教学活动时,需要通过创新性的教学方法激发学生的学习兴趣,促进教学中的师生交流,发挥学生在课堂中的主动性。因此,课程团队结合自身在复合材料研究中的科研成果,探索科研成果与教学相结合的理念在《聚合物基复合材料》课程改革的实践。

1 《聚合物基复合材料》课程内容

《聚合物基复合材料》课程以高分子化学、高分子物理、聚合物成型加工等课程为基础,是高分子材料与工程专业的一门专业课程。课程主要介绍聚合物合金、填充改性聚合物基复合材料和聚合物基纳米复合材料。其中聚合物基纳米复合材料章节涵盖了聚合物/硅酸盐纳米复合材料、聚合物/碳纳米管复合材料、聚合物/石墨烯纳米复合材料等^[3]。聚合物基纳米复合材料目前是材料学的研究热点,因为纳米粒子具有大的比表面积,高表面能,其与基体有强烈的相互作用,聚合物基纳米复合材料既具有纳米材料量子尺寸效应和表面效应,又能将纳米材料的刚性、尺寸及热稳定性与聚合物的韧性结合起来,可以提升聚合物的性能,具有广阔的应用前景^[4,5]。

该课程的目标:注重与高分子化学、高分子物理、聚合物加工工程等专业课程相联系;掌握聚合物基复合材料设计和制备技巧,并了解相关成型设备;重点培养学生掌握聚合物基复合材料性能测试及工程应用能力。

2 《聚合物基复合材料》教学存在的不足

该课程在介绍聚合物基纳米复合材料性能方面,通常会介绍材料的结晶性能、流变性能、力学性能等。其中流变性能涉及聚合物流变学、高分子物理、高分子化学等学科,教材中大段文字描述了纳米材料将影响体系黏度、流变参数以及复合材料流变行为对其剪切速率依赖性等。该部分内容丰富繁杂,概念

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.06.011

收稿:2021-02-26;修回:2021-11-23;

基金项目:国家自然科学基金(51703090),福州市科技局项目(2020-GX-2),闽江学院特聘教授基金项目(MJY18011),闽江学院教改项目(MJU2020B018),闽江学院教改项目(MJUJG2021B062);

* **通讯联系人:**夏建荣(1975-),男,博士,教授,硕士生导师,主要从事天然高分子和聚合物基复合材料方面的教学和研究工作。E-mail:jrxia@mju.edu.cn.

抽象,学生在学习过程中理解较为困难,易产生畏难情绪,导致课堂氛围呆板,学习积极性不高,课堂教学效果不佳。因此在课程的教学中如何提高学生对复合材料性能这部分知识的兴趣,如何让学生更好地参与到课堂教学中,如何更好地帮助学生理解和掌握这部分知识。基于以上思考,我们团队结合多年在复合材料研究领域的科研经验将科研成果和科学思维引入课堂教学,使教学内容更加新颖、更具有科学性 及实用性,使学生在知识上和科学思维的培养上都有所收获,为后续的科研训练和毕业论文打下良好 基础。

3 科研成果融入课堂教学的应用实践

以聚合物/石墨烯纳米复合材料这章节的讲解为例,探索将科研成果转化成理论教学案例。选择这 章节是因为:(1)石墨烯作为填料是近几年聚合物基复合材料的研究热点,石墨烯的小尺寸、导电性等效 应,能使复合材料体现出优异的机械性能、导热性能、导电性能和阻隔性能等,也使聚合物/石墨烯具有潜 在的应用价值;(2)复合材料流变学的研究不仅可以用来表征纳米复合材料结构,还可以提供复合材料加 工成型所需要的流变参数,为加工工艺条件的确定提供依据。其它类型复合材料的流变性能有具体示例 介绍,而聚合物/石墨烯纳米复合材料是一种较为新型的复合材料,该复合材料的流变性能多为文献资 料,未编入教材中。因此在本章节授课过程中,将团队的科研成果中还原氧化石墨烯(rGO)作为纳米填 料对复合材料的流变性能研究^[6~9]引入课堂教学,既能将科研成果与教学相结合,又能弥补教材内容的 不足,拓宽学生的视野。具体实施过程如下。

(1)教学过程设计

首先课前备课时,收集课程相关的文献,主要是近期发表学术论文^[10,11],本团队相关的科研成 果^[6,7],提炼成教学案例。通过学习平台将文献和思考题提前推送给学生(见图 1)。课前学生通过阅读 教师推送的科研案例,完成思考题。可以通过讨论、上网查阅文献资料来寻求问题解决办法。课堂教 学中引入科研实例进行讲授,并通过答问互动的形式来提高学生积极性与参与性,最后布置开放性作业。



图 1 课前推送内容

Figure 1 Content pushed before class

(2)课堂讲授

课堂授课过程中首先介绍 rGO 作为纳米填料可以增强复合材料的力学性能、电性能和热性能。这

三种性能的讨论学生比较熟悉,授课过程对这部分介绍简略带过。重点介绍科研成果复合材料流变性能,将 TPU、TPU/rGO 的对比图(图 2)展示给学生,启发学生用所学的专业知识分析和讨论 rGO 作为纳米填料如何影响复合材料的流变性能。

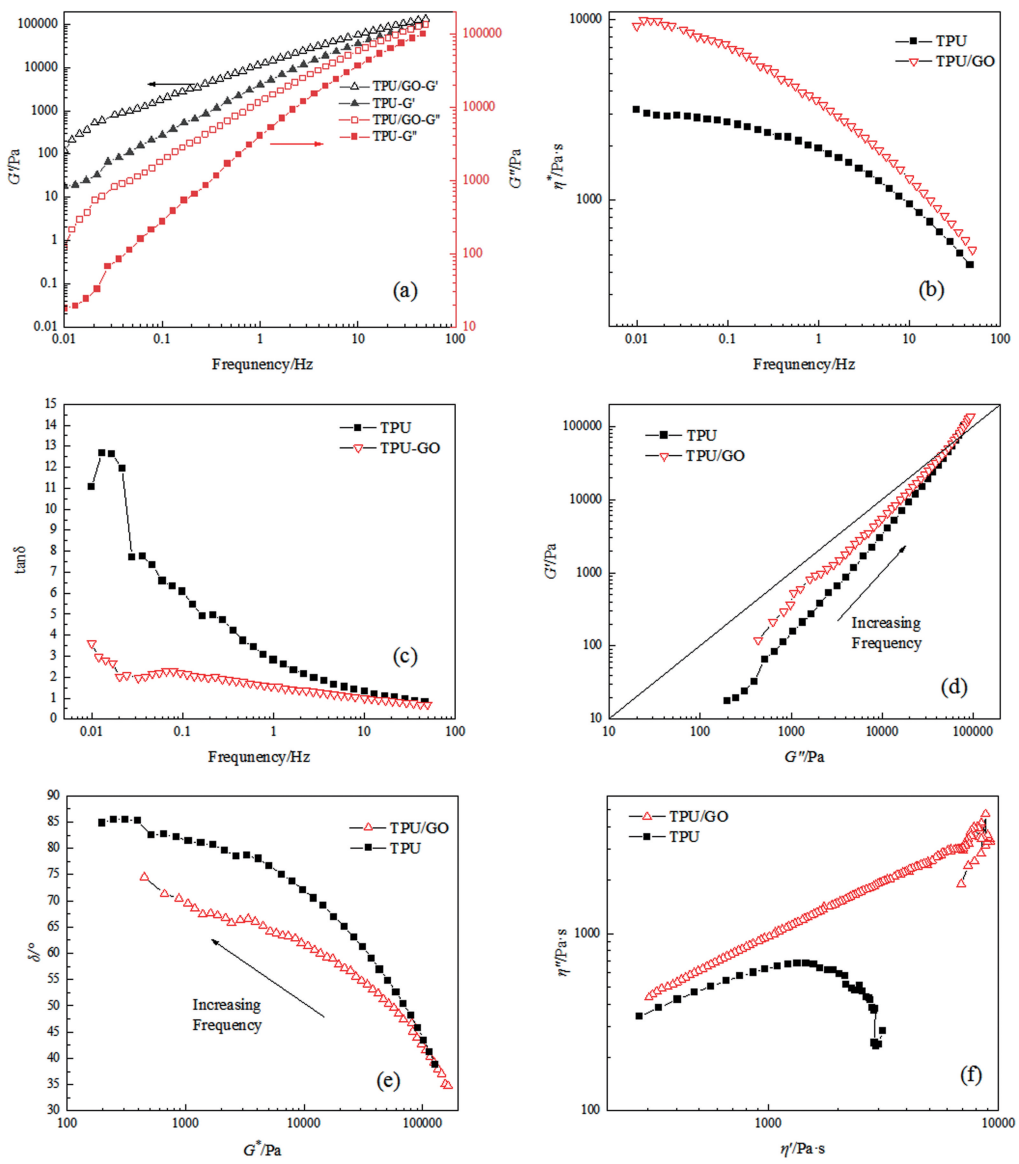


图 2 TPU 及其复合材料: (a) 储能模量 G' 与损耗模量 G'' , (b) 复数粘度 η^* , (c) $\tan\delta$ 曲线, (d) Han 曲线, (e) van Gurp-Palmen 曲线, (f) Cole-Cole 曲线

Figure 2 TPU and TPU/GO composites: (a) storage modulus G' and loss modulus G'' , (b) complex viscosity η^* , (c) $\tan\delta$ curve, (d) Han curve, (e) van Gurp-Palmen curve, (f) Cole Cole curve

例如通过对储能模量 G' 、损耗模量 G'' 和复数黏度随频率变化趋势进行分析讨论,使同学们了解聚合物大分子链与频率的关系:低频时大分子链有足够的时间发生形变, G' 和 G'' 较小,黏度较大,表现出牛顿流体的性质。频率增大,大分子链的形变小于外力变化,分子链表现出弹性行为(G' 增大),同时分子链克服链段运动的摩擦阻力增加(G'' 增大),解缠结大于缠结,分子链网络解体,黏度下降,出现剪切变稀现象,呈现非牛顿流体现象^[12~14]。rGO 的加入会影响复合材料的流变行为,这是因为 rGO 与 TPU 基体之间具有较强的界面结合力且形成微交联的网络结构,使分子链段的运动阻力增加,分子链的松弛变得困难,

模量都提高^[15],复合材料的剪切变稀行为更明显。从这一部分可以让学生更直观掌握什么是流变行为的频率依赖性,同时还可以反映复合材料的加工性能。

聚合物基体的黏弹性大小,以及 rGO 对聚合物基体微相分离结构的影响可以通过 $\tan\delta$ 曲线、Han 曲线、van Gorp-Palmen 曲线和 Cole-Cole 曲线进行分析讨论,rGO 和 TPU 基体之间存在强相互作用,rGO 的加入会阻碍 TPU 链的能量耗散和弛豫,TPU 基体的微相分离程度降低^[16]。这一部分可以让学生更好地理解纳米填料如何影响复合材料的结构以及如何提升复合材料的性能,结合 rGO 对 TPU 复合材料拉伸性能,热性能的影响(见图 3)。少量 rGO 的添加可以增强复合材料的拉伸性能。以上讨论分析搭建了复合材料的内部微观结构与外部性能之间的桥梁,为复合材料的成型加工工艺提供理论指导。

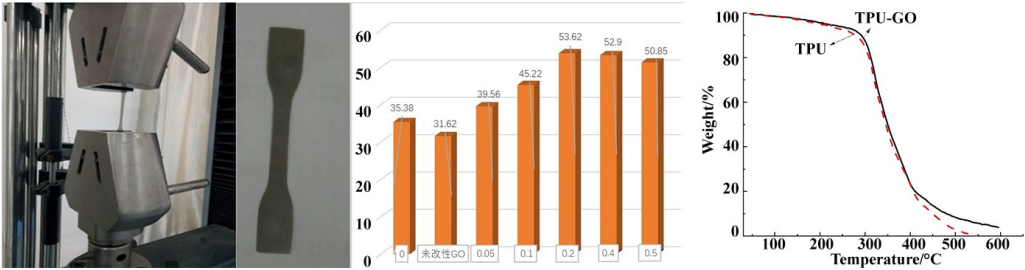


图 3 复合材料的拉伸性能及热性能
Figure 3 Tensile and thermal properties of the composites

在对以上科研实例进行讲授和讨论时,应用了高分子物理课程所学的理论知识,来对结果进行分析讨论。本课程不仅让学生学会将高分子专业所学理论知识融会贯通,还使学生学会将所学的专业知识在实际科学研究中的真实应用,培养学生分析问题和解决问题的能力,学会学以致用。增强了学生的学习热情和探索自然规律的兴趣。同时为聚合物材料成型加工课程、课程设计、毕业论文等提供理论和实践基础。

(3) 布置开发性作业

课后还可以让学生查阅聚合物纳米复合材料最新的研究成果,有了课堂内容铺垫,可以激发学生的求知欲,使学生对聚合物复合材料的前沿研究产生兴趣,调动学生的学习主动性和积极性。这样极大地增强了同学们对于高分子材料学科的学习兴趣。

4 教学效果评价

经过教学实践,通过课下与同学的座谈和交流,同学们对本门课程的教学改革给予了较高的评价。同学们对于以具体科研案例结合教学内容的授课方式较为满意,通过对科研案例的讲解,让同学们对相关的教学内容有了更直观的认识,更好地掌握了纳米材料作为功能填料是如何增强聚合物性能。通过这些反馈,充分肯定了将科研成果融入课堂教学的教学手段在专业授课课中的重要性,为接下来进一步加大科研成果在教学中作为具体实例讲解的比重,合理设计课程,丰富教学内容等改革举措指明了方向。

5 结语

目前新工科背景下工程教育正处于改革的重要时期,高分子材料与工程专业相关课程的教学需要不断丰富和更新教学内容。将科研成果融入课堂教学的教学手段,既满足学生求知欲,又能激发学生的科研热情,提高学生学习的积极性与主动性。更重要的是将科研成果融入课堂教学中有利于培养学生的创新思维能力,为我校创新型、应用型人才的培养奠定基础。

参考文献：

[1] 吴爱华, 杨秋波, 郝杰. 高等工程教育研究, 2019, 174(1): 1~8.

[2] 林建胡, 李文芳. 中国现代教育装备, 2020, 329(1): 45~47.

[3] 顾书英, 任杰. 聚合物基复合材料(第二版). 北京: 化学工业出版社, 2013: 267~352.

[4] 杜飞鹏, 周兴平, 郭庆中, 喻湘华, 鄢国平, 李亮. 广州化工, 2011, 39 (21): 169~170.

[5] 熊明娜. 有机-无机纳米复合材料的制备及结构和性能研究. 上海: 复旦大学, 2005.

[6] 吴婷, 翁鑫如, 张于弛. 唐山师范学院学报, 2020, 42(3): 43~47.

[7] Xia J R, Su Y M, Li W M. J Appl Polym Sci, 2019, 136(16), 47299.

[8] Xia J R, Xu Y, Gong C R, Gao D S. J Appl Polym Sci, 2014, 131 (1): 39657~39666.

[9] 雷学博, 张于弛, 黄锦桢, 黄燕红. 福建建材, 2019, 219(7): 13~16.

[10] Xiao S P, Huang H X. Polym Test, 2018, 66(1): 334~341.

[11] 贺茂勇, 李振中, 王玉龙, 张保卫. 工程塑料应用, 2019, 42(10): 106~116.

[12] 周志斌. 无机纳米 SiO₂ 填充 PLA/PBAT 复合体系的制备及流变性能研究. 株洲: 湖南工业大学, 2016.

[13] 白静静, 苏会博, 刘志伟. 材料导报, 2018, 32(12): 4386~4392.

[14] Barick A K, Tripathy D K. J Appl Polym Sci, 2010, 117(2): 639~654.

[15] 许恩惠, 郭前程, 陈磊, 于杰, 鲁圣军. 高分子材料科学与工程, 2015, 31(9): 69~75.

[16] Roman C, Garcia-Morales M, Gupta J, McNally T. Polymer, 2017, 118(2): 1~11.

Practice and Reform of *Polymer Composites* under the
Background of New Engineering

XIA Jian-rong^{*}, ZHANG Yu-chi

(College of Materials and Chemical Engineering, Minjiang University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: According to the requirements of cultivation talents of Polymer Materials and Engineering under the background of new engineering. In view of the current teaching situation of *polymer composites*, the teaching team attempted to reform the teaching methods to improve the teaching effects. The teaching team integrates the scientific research results into the classroom teaching of polymer/graphene nanocomposites. Through the analysis and discussion of scientific research achievements in the course teaching, students deepen their understanding of the rheological properties of composite materials, and build a bridge between the internal microstructure and external properties of composite materials, which provide theoretical guidance for the molding process of composite materials. Through practice, it improves students' interest in learning, cultivates students' innovative thinking and scientific research ability, and lays a foundation for the cultivation of innovative and applied talents in our university by practice.

Key words: Scientific research achievements; Teaching; Compound material