

基于应用案例的《塑料材料与配方设计》教学实践探索

徐睿杰*, 雷彩红, 董智贤

(广东工业大学 材料与能源学院高分子材料与工程系, 广州 510006)

摘要:在塑料材料与配方设计课程教学中各类工程实例是重要的教学素材,我们将大量的实例归纳为若干专题,对学生进行系统性教学。案例式教学能引导学生从基本理论入手,对塑料制品结构与性能进行合理分析和多层次分解,建立结构-加工-性能的逻辑关系链,帮助学生正确选择塑料树脂、助剂和合理设计简单配方。基于工程案例的塑料材料与配方设计教学实践能充分调动学生的学习积极性和学习兴趣,同时体现学生参与教学的主体性,有效增强学生分析问题和解决问题的能力,真正实现“学以致用”的教学目的。

关键词:应用案例; 塑料材料与配方设计; 教学改革

引言

《塑料材料与配方设计》是我校高分子材料与工程专业本科教学体系的重要环节,是一门重要的专业必修课。与许多学校将“高分子材料”、“塑料助剂”和“塑料配方设计”分别开设课程不同的是,在教学时,我们选择将三部分内容串连起来,既避免了重复学习,又符合实践的需要^[1~3]。从课程体系看,本课程联系着前序的《高分子化学》、《高分子物理》等专业基础课,又与下游的其它专业课紧密联系。本课程的教学内容涵盖常见的塑料树脂、主要的加工助剂和简单的配方设计。通过学习,学生将认识和了解各类树脂的性能,熟悉并学会使用常见的助剂,掌握塑料材料开发的基本原理,为高分子专业学生在工作中解决新材料开发、复合材料改性和制品性能优化等复杂工程问题提供基础知识。

《塑料材料与配方设计》课程讲述的内容抽象零散、覆盖面广、涵盖数十种常见的树脂和大量的常用塑料助剂,是一门难以掌握、需要大量背诵和记忆的课程。学生在学习时很难建立起成体系的学习方法。过去,在《塑料材料与配方设计》的教学过程中,比较注重分单元的讲解各种材料和助剂的结构、性能和应用,最后讲解配方设计的典型案例。在考核时也注重三个教学内容的分块考核。我们发现,学生对需要记忆的部分掌握情况一般,而对综合性较强的“配方设计”部分掌握情况较差,几乎不能灵活地运用所学知识对塑料树脂和助剂进行正确选择进行并设计配方。我们在教学研讨时认为主要还是学生对树脂、助剂和配方设计三者间的逻辑关系没有厘清,缺乏正确的配方设计思路,在考核时表现出解决复杂工程问题能力较差的问题。因此,我们提出通过在教学中引入适当的工程实例,采用梳理制品的特征和技术需要的方法对工程问题进行分解,引导学生正确选择树脂、助剂并进行合理的配方设计。结合多媒体课件、板书和视频文件等教学手段,将零散的知识点串连成系统的、可类比的具体问题,形成物理具象,帮助学生理解掌握树脂和助剂的选择方法,并指导配方设计部分课程的学习。

1 塑料应用案例引入教学的实现

塑料材料与配方设计课程内容覆盖面广、知识点多、实践性强,学生对几乎所有的知识点都缺乏感性认识,几乎无法形成系统的知识框架^[4]。通过引入具体的塑料应用案例,在提高学生学习兴趣的同时,有

10.14028/j.cnki.1003-3726.2021.11.015

收稿:2020-01-21;修回:2021-07-28;

基金项目:广东工业大学校级教改项目,广东省研究生示范课程建设项目;

* 通讯联系人:徐睿杰(1986-),男,汉,讲师,博士,主要从事塑料材料与配方设计的教学工作和高分子材料结构与性能关系的研究工作。E-mail:xuruijie@gdut.edu.cn.

利于学生从实际出发,加深对树脂和助剂的认识。在此基础上,学生不仅掌握了基本知识点,还拓宽了思考问题的深度和广度,站在全新的角度认识树脂、助剂和配方三者之间的关系。

以聚乙烯树脂为例,聚乙烯是最最常见的通用塑料之一,是学生必须要掌握的一种材料。简单的介绍高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、线性低密度聚乙烯等树脂材料,学生很难有直观的认识,通过举出不同的应用实例,如高密度聚乙烯制造的沐浴露瓶、药瓶,低密度聚乙烯制造的垃圾袋和线性低密度聚乙烯制造的缠绕膜等具体实例,加强学生对不同种类聚乙烯材料的感性认识,同时通过比较几种制品的强度、硬度等物理性能,引导学生从高分子物理基本知识的角度,记忆不同聚乙烯结构差异导致性能区别。在此基础上,进一步讲解不同聚乙烯在聚合时选用的催化剂差异和聚合条件差异,让学生理解由自由基催化剂、齐格勒-纳塔催化剂和茂金属催化剂等几类不同催化剂得到的聚合物结构和性能的差异。再比如,在讲解成核剂时,首先帮助学生回顾了半晶高分子多晶型的特征,进而引入由成核剂控制的聚合物晶型调控,以常用的聚丙烯为例子,阐述了无机填料的异相成核效应、 β 晶成核剂对管材增韧、玻璃纤维诱发界面形成 β 晶增韧等应用实例,加深学生对成核剂的理解和认识。通过与前后课程的联系和塑料应用案例的讲解加强学生的感性认识,进行图像化的记忆。

2 理论知识与塑料应用案例结合的实例

塑料应用案例引入教学后,更能激发学生的学习兴趣,使学生体会到用所学的书本知识解决塑料应用问题或生活实际问题的乐趣,真正实现“学以致用”。下面仅给出两个实例。

2.1 与塑料薄膜制品相关的应用案例

塑料薄膜是一大类重要的塑料制品,在生活中应用广泛,几乎所有的树脂都能拿来制造薄膜,同时薄膜的加工方法众多,对于学生们来说很难将这些知识点串连起来记忆。因此我们在教学中,将常用的塑料材料和助剂讲解完后,以塑料薄膜作为一个小的专题对前述的常见塑料树脂进行了一个简单的梳理,做了横向和纵向的比较以方便学生加深记忆。

塑料薄膜的制造方法众多,包括挤出流延、双轴拉伸、吹膜等成型方法,其中在吹塑时根据聚合物熔体强度的差异还分为上吹法、下吹法和平吹法。我们选择了几种塑料膜作为典型实例进行了梳理。在教学时,首先让同学们举例常见的塑料袋,描述自己日常生活中所见的塑料袋的透明性、强度、触感等感性认识。然后对常见的塑料袋所选用的材料进行了分类讲解,如高密度聚乙烯(HDPE)用于制造硬质提袋、聚丙烯(PP)制造购物背心袋的,聚氯乙烯(PVC)制造一次性超薄塑料袋等。重点比较了吹塑成型的HDPE和PP的异同,包括由结晶度差异引起的强度、刚性、透明性区别等;由熔体强度差导致的吹膜成型工艺差别。另外还介绍了薄膜制品中常用的助剂,如填料、开口剂、润滑剂等助剂,特别是使用PVC在制造膜材时需要添加大量的增塑剂,以提高PVC的塑化效率、改善PVC加工性,但是在使用时要注意增塑剂析出的问题,比如此类保鲜膜不宜用作食品保鲜膜。通过纵向和横向的对比,让学生对同一制品的不同选材有了大致的了解,让他们学会建立合理的选材观念。

同时,还选用食品包装膜作为实例,通过对比肉类和零食的包装膜材技术要求,从是否需要耐油、耐低温、耐穿刺、表面印刷等方面对比了两种制品之间的差异,并且让学生讨论是否可以仅选用一种材料实现包装制品的需要,经过讨论后,再引入多层共挤复合膜的概念,简要地描述和分析了多层膜的制造方案,分析各层的功能,通过具象化的实例使学生掌握如何从制品实际需要出发,选择合适的原材料和加工方法。

通过这个小专题的学习,学生学会从强度、透明性、厚度、包装对象等角度选择合适的塑料原料,如强度要求较高时选择HDPE,普通包装袋选择PP、PVC等,肉类食品包装多选择阻隔性较强的极性树脂,如PA等,了解常见助剂在塑料袋中的应用,如食品袋里的开口剂、PVC塑料袋里的增塑剂等。当然在此之上,也引导学生在类似问题上选用同样的思考方法去分析问题,对树脂、助剂进行合理选择。

2.2 透明制品的制造案例

塑料材料的一个重要的特点是可以实现透明性和力学强度、韧性的有机结合,同时成型方法多样,材料选择多元,因此我们在教学活动中开设了小型的教学专题,对常见的透明塑料进行了梳理。

在教学活动中,我们通过分析光在不同密度介质中传播时的折射与反射现象,讲解了制品的透明性和制品内密度分布的关系,以塑料包装袋作为典型样品,分析了结晶度较高的 HDPE 制作的提袋和非结晶度较低的 PP 包装膜的透明性差异,用以建立薄膜制品透明性和原料结晶性之间的关系,以此为契机对常见的非晶和半结晶聚合物树脂进行了梳理和复习。进一步地,我们提出了 2 个问题,一是半结晶性的聚合物通常透明度较低,但为什么 PET 的瓶、膜等制品都是透明的;二是如何提高半晶聚合物制品的透明性。针对这两个常见的塑料制品,我们从高分子结晶的过程入手,从配方设计和制造过程两个角度展开教学。通过回顾高分子物理中关于结晶部分的内容:高分子结晶过程是一个受温度和时间影响的物理过程,控制过冷度和结晶时间可以控制晶体是否形成及生长尺寸。那么对于结晶速度较慢的 PET 来说,在骤冷的情况下会以非晶态的形式存在,此时的制品仍然保持高度的透明性,在尼龙的注塑成型时也可通过调整模温控制注射制品的透明性。第二个需要学生注意的是晶粒尺寸和透明性之间的关系,由于可见光的波长范围是 380nm~780 nm,因此控制晶体生长亦可控制制品的透明性,由此引出常见的透明助剂成核剂,并举例成核剂在聚丙烯中的典型应用实例。在加工工艺调控透明性方面,我们以双向拉伸 PP 膜的透明性为例,说明了拉伸后球晶晶粒减小,薄膜的透明性提高的现象,并拓展了双向拉伸尼龙、双向拉伸聚乙烯等膜制品^[5]。另外,我们在课程中还引导学生从合成端思考,通过合成过程控制链结构,使聚合物的结晶性下降,达到高透明性的要求,如聚丙烯中常见的嵌段或无规共聚聚丙烯,尼龙中的透明尼龙等品种。本专题中还补充介绍了聚四甲基一戊烯(PMP)树脂,由于 PMP 树脂的晶区和非晶区密度几无差别,因此这种聚合物在较高结晶度的条件下仍保持极高的透明性。

在教学时,既从树脂、助剂本身出发,从微观上分析结构与性能的关系,也从制品角度,宏观上分析配方设计、加工方法和制品之间的关联。通过筛选教学内容,进行多维度的知识梳理。整个教学的最终落脚点是学生能根据塑料制品的技术要求,依据不同的加工方法,选择合适的树脂和助剂。

3 结束语

《塑料材料与配方设计》是本科生期间的重要专业课,教学内容繁重,知识扁平,学生在学习时对塑料材料和配方设计缺乏感性认知和理性理解,主要依靠死记硬背应付考试。为了进一步提高本科教学质量,我们在教学中通过引入工程实例,引导学生对工程问题进行合理分解,并能在前期学习各类塑料树脂和助剂结构与性能的基础上,正确合理地选择树脂和助剂,并能按照配方设计的基本要求组合。通过这样的教学过程,既提高了学生对记忆性内容的理解,也引导学生对配方设计进行有层次的思考,从而加强学生对塑料配方设计的分析能力,增强学生解决实际问题的能力。

参考文献:

- [1] 雷彩红. 广东化工, 2012, 39(2): 217~217.
- [2] 董智贤. 广东化工, 2014, 24(41): 124~125.
- [3] 宋庆平, 王崇侠, 林英, 等. 高师理科学刊, 2014, 34(3): 104~105.
- [4] 徐建平, 李锦春. 常州大学学报(社会科学版), 2003, 4(2): 57~58.
- [5] 段玉丰. 高分子通报, 2019, 8: 74~78.

Teaching Practice Exploration of Plastic Material and Formula Design Based on Application Cases

XU Rui-jie^{*}, LEI Cai-hong, DONG Zhi-xian

(School of materials and energy, Guangdong university of technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Various engineering examples are important teaching materials in the teaching of plastic materials and formula design courses. We have summarized a large number of examples into a number of topics to systematically teach students. Case-based teaching can guide students to start with basic theories, conduct reasonable analysis and multi-level decomposition of the structure and performance of plastic products, establish a structure-processing-performance logical relationship chain, and help students correctly choose plastic resins, additives, and rationally design simple formulas. The teaching practice of plastic materials and formula design based on engineering cases can fully mobilize students' learning enthusiasm and interest in learning, and at the same time reflect the subjectivity of students to participate in teaching, effectively enhance students' ability to analyze and solve problems, and truly realize "learning for application" teaching objectives.

Key words: Application cases; Plastic materials and formula design; Teaching reform