

· 教 学 ·

基于产教融合视角的“粘合剂与助剂” 课程教学案例的构建与应用

谢艳霞*, 刘志, 邹梨花, 王洪杰, 韩旭, 凤权

(安徽工程大学纺织服装学院, 芜湖 241000)

摘要:“粘合剂与助剂”课程承担培养学生“分析评价能力”的任务。为了达成深度分析评价能力,课程从产学研融合的角度,构建与产业发展关联度高的教学案例。教学案例从课程引导、理论应用、问题分析、性能预测到技术创新,分布于课程教学的全过程。提出“原理分析法”和“拆解分析法”,用于分析能力训练。教学案例及深度分析方法经历多轮次教学实践,学生的课程综合能力考核成绩明显提升。基于产学研视角的全过程案例教学,对学生高层次分析和实践创新能力的达成起到有效推动作用。

关键词:工程教育认证;案例教学;产学研融合;粘合剂与助剂课程

Construction and Application of Teaching Cases of “Adhesives and Additives” Course Based on Integration of Industry-University-Academy

XIE Yan-xia*, LIU Zhi, ZOU Li-hua, WANG Hong-jie, HAN Xu, FENG Quan

(College of Textiles and Garments, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China)

Abstract: “Adhesives and additives” course undertakes the task of improving students in “analysis & evaluation” abilities. To develop the abilities in deep-level, the reform ideas and methods from integration perspective of industry-university-academy, teaching cases with high association of industry were designed. They were applied through the teaching process, in terms of course introduction, theory application, problem analysis, performance prediction and technological innovation. Methods of “principle analysis” and “splitting analysis” were proposed in training analysis ability. After multiple rounds of teaching practice, the comprehensive examination results of students’ have been improved significantly. The application of teaching cases and analysis methods effectively promotes students’ analysis & evaluation and practical innovation ability.

Keywords: Engineering education accreditation; Case-based teaching; Integration of industry-university-academy; Adhesives and additives course

我校纺织工程专业是工程教育认证专业,以“工程素养、专业能力和发展能力”^[1-3]为核心培养高素质应用型工程技术人才。“粘合剂与助剂”课程是专业方向必修课程,秉承“学生中心、产出导

向”^[1,4]的教育理念,承担培养学生“分析评价能力”的任务。教材内容以通用综合知识为主线,在深度的工程和科研领域涉及内容较少^[5,6],不利于高层次分析能力和实践创新能力的培养。为此,

收稿:2022-01-06;修回:2022-03-08;

基金项目:高等学校省级质量工程项目(2018jyxm0838),高等学校省级质量工程项目(2018zygc038),高等学校省级质量工程项目(2018jyxm1334),高等学校省级质量工程项目(2020 kcszjyxm022),安徽工程大学校级教研项目(2018jyxm04, 2021szyzk10)

* 通讯联系人:谢艳霞(1971-),女,正高级工程师,工学博士,主要研究方向为功能性高分子复合材料的开发应用及基础研究。Tel: 18205538157, E-mail: xie_yanxia@ahpu.edu.cn

doi:10.14028/j.cnki.1003-3726.2023.01.013

以粘合剂产业技术为主线构建了系列教学案例,从课程引导、理论应用、问题分析、性能预测到技术创新逐步推进,巧妙穿插在教材内容中实施教学;对案例分析运用了“原理分析法”和“拆分析法”,训练学生从原理和结构角度分析和解决粘合问题。

1 用案例导入课程,领会课程与产业的关联性

对于粘合剂和粘合功能的认识,学生通常停留在胶水、胶棒、胶带等生活领域,对粘合剂在工业领域的应用,以及粘合功能的重要性体会浅显^[7]。一旦进入产业工作,对粘合不够重视,极有可能在粘合领域遭遇系列棘手问题,影响专业和职业的长远发展。为强化粘合技术对产业有重要影响的认识,课程设计了“工业输送带脱层赔付”案例,见案例 1。

案例 1. 工业输送带脱胶赔付:某输送带企业向某大型矿业公司销售高强度耐磨橡胶输送带 3000 余米。产品安装运行 1 个月内,1600 余米输送带表面覆盖胶发生大面积脱落,严重减少输送带的服役寿命。双方反复交涉达成一致意见,供方一次性赔偿数百万元。

如图 1 所示,输送带由增强浸渍骨架和耐磨覆盖层组成,两者紧密连接为一体,提供产品应用所需的强度和输送功能^[8]。当浸渍骨架/覆盖层界面的结合强度较低时,随着输送带循环运行,覆盖层逐渐形成小块状或大面积脱落。因产品界面结合强度偏低导致一次性赔付数百万元的事实,振聋发聩,学生对粘合作用的认识受到强烈冲击。他们深刻体会到,粘合就是效益,粘合领域需要实

践经验,更需要严谨的科学精神和理论深度,粘合领域小天地却对社会发展有大作为。

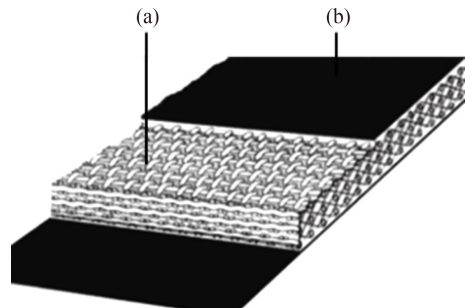


图 1 工业输送带截面结构:(a)增强浸渍骨架,(b)耐磨覆盖层

Figure 1 Cross-section of industrial conveyor belt: (a) reinforced impregnated skeleton, (b) wear-resistant cover

2 用案例解析粘合理论,提升理论与产业的融合应用能力

粘合理论是对粘合现象本质的解释,包括吸附、化学键合、扩散和机械互锁理论等。教材采用抽象定义的方式诠释理论,学生短期似乎理解了理论的内容,但不会将理论与实践应用进行关联,形成学习的“有知无觉”现象。为真正学会运用理论指导解决实践问题,课程设计了“粘合扩散理论的应用”案例,见案例 2。

案例 2. 粘合扩散理论的应用:某企业生产一种纺织品增强聚氯乙烯 (poly (vinyl chloride), PVC) 复合材料产品,产品应用时需要采用粘合剂粘接,如图 2 所示。该企业采用液体丁腈橡胶 (liquid nitrile-butadiene rubber, NBRL) 做粘合剂主材,而不用液体乙丙橡胶 (liquid ethylene propylene rubber EPML)。试应用粘合理论分析其原理。

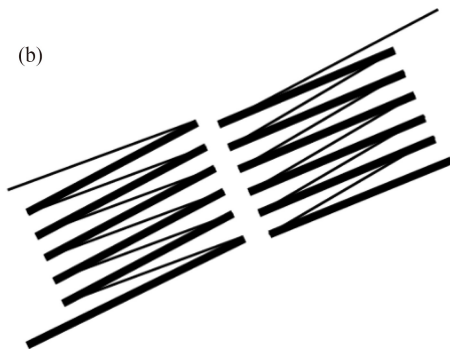
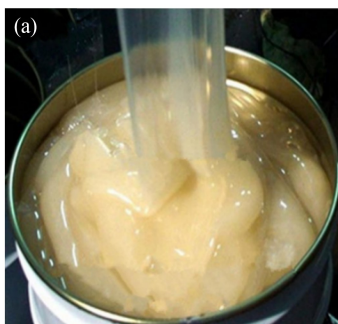


图 2 复合材料用粘合剂及粘接结构:(a)粘合剂主要材料,(b)粘界面

Figure 2 Adhesives and bonded structures for composites: (a) main material and (b) bonding interface

教材对“粘合扩散理论”定义是:粘合剂与被粘合材料的溶度参数相近、极性相近的条件下,相互紧密接触时,粘合剂分子向被粘合材料扩散,导致界面的消失和过渡区的产生,形成良好的粘合^[9]。定义强调良好粘合扩散的前提是“粘合剂与被粘合材料的溶度参数相近、极性相近”。案例2中,聚氯乙烯的每个乙烯链节连接一个电负性较强的氯原子,是强极性分子^[7],溶解度参数为9.5;丁腈橡胶的每个丙烯腈链节连接一个电负性较强的氰基,是强极性分子,溶解度参数为9.4~9.5;乙丙橡胶由聚乙烯和聚丙烯链节连接形成,分子中不含极性原子或基团,不是极性分子^[10,11],溶解度参数8.0。液体丁腈橡胶与聚氯乙烯的溶解度参数相近、极性相近,容易形成良好粘合;液体乙丙橡胶与聚氯乙烯的溶解度参数和极性均不接近,不能形成良好粘合。因此工业生产采用液体丁腈橡胶粘接聚氯乙烯产品。

3 用案例分析粘合问题本质,强化原理分析能力

本杰明·布鲁姆在教育目标分类法中提出,分析能力是指把材料分解成组成要素,并详细阐明要素间的基础理论和基本原理。教材是以宏观定性角度对粘合现象进行分析,不利于培养学生高层次的分析能力和解决根本问题的能力。为了培养学生从反应机理角度分析粘合现象的能力,课程提出了“原理分析法”,设计了“苯酚甲醛树脂(phenol formaldehyde, PF)粘合剂改性间苯二酚甲醛树脂(resorcinol formaldehyde, RF)粘合剂”案例,见案例3。

案例3. PF粘合剂改性RF粘合剂:某企业采用RF树脂粘合剂对织物进行粘合整理。每年夏季,整理纺织品的粘合界面不同程度地出现粘合强度下降的现象。企业采用PF代替部分RF粘合剂后,有效减轻了界面结合问题。试分析其中原因。

案例3中,苯环的羟基与苯环发生共轭供电电子效应^[12],如图3所示,使苯环活化,易与甲醛

发生化学反应,增强材料内聚强度和粘附强度。羟基是邻对位致活基团,苯酚有一个羟基,容易在其邻位和对位两个活性点引入取代基;间苯二酚有两个羟基(间位),两个羟基的定位效应一致,进一步增加了反应位点的活性。因此,间苯二酚的反应活性高,在夏季高温环境,很容易反应形成三维交联结构,减弱了粘合剂与被粘物料的界面粘附强度,表现为界面粘合强度下降。本案例是从原子的电子效应角度分析粘合问题,强化了学生的原理分析和本质分析能力。

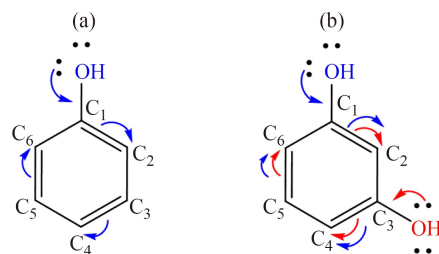


图3 分子结构式及电子共轭效应:(a)苯酚,(b)间苯二酚

Figure 3 Molecular structure and electron conjugation effect of (a) phenol and (b) resorcinol

4 用案例预测粘合性能,优化系统分析能力

为提高学生的系统分析能力,课程采用出“拆分分析法”,包括“粘合结构拆分”和“基团拆分”分析法,设计了“环氧树脂粘合剂性能预测”案例,见案例4。“粘合结构拆分”法是把粘合作用影响因素系统拆解为四个部分(内聚强度、化学键合力、分子间作用力和其他性能),逐一分析其性能。“基团拆分”分析法是把分子结构拆分为基团并逐一分析其作用。

案例4. 环氧树脂粘合剂性能预测:企业对生产车间的清洁性、整齐性要求较高,一般采用环氧地坪地面并做各种标识。该地坪主要是由环氧树脂主材、固化剂、稀释剂、填料等成分组成的粘合体系。试根据环氧树脂(双酚A型)的结构^[13],如图4所示,分析预测环氧地坪有哪些性能。

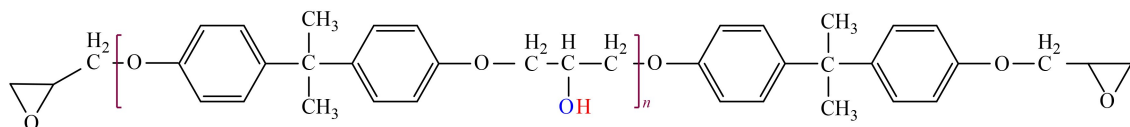


图4 双酚A型环氧树脂分子结构式

Figure 4 Molecular structure of bisphenol A epoxy resin

案例 4 中,按照“粘合结构拆分”分析法把环氧树脂体系的粘合性能分为四个部分,按照“基团拆分”分析法将环氧树脂的分子拆分为环氧基、—O—、—OH、苯环、C—C 键等基团,分析各基团对粘合结构各部分的影响。分析如下:

(1)内聚强度:单体共聚不规则,具有非结晶性;有环氧基和—OH,可交联密度大。内聚强度大,脆性大。

(2)化学键合力:环氧基、侧羟基、三元环张力大,反应活性高。化学键合力高。

(3)分子间作用力:环氧基、—O—、—OH,极性大。分子间作用力和氢键作用力高。

(4)其他性能:

单键、苯环:大 π 键作用,键能高;耐热、耐氧化。

固化为加成反应;收缩率小。

侧羟基主要与环氧或其他活性基团发生键合反应;耐碱。

综上,环氧地坪的内聚强度、化学键合和分子间作用力大,预测其与地面有优异的粘合强度;同时具有较好的耐热、耐氧化、耐碱性能,尺寸稳定性好,预测服役寿命优越。



图 5 丁腈橡胶的外观性状:(a)块状,(b)粉末

Figure 5 Cosmetic properties of nitrile rubber: (a) block and (b) powder

案例 5 中,技术人员仅选择利用丁腈橡胶的外观性状,创造了卓有成效的技术革新。案例提示我们,产品外观性状的变化也能够形成突出的技术创新;不要囿于现有技术,要能不断尝试新材料;技术开发没有最好,只有更好。

6 结语

课程构建了与产业发展关联度高的系列教学案例,巧妙穿插在全过程教材内容中实施教学;对案例教学提出并践行“原理分析法”、“粘合结构拆分”和“基团拆分”分析法,深度训练学生从原理和结构角度分析和解决粘合问题的能力。教学案例

5 用案例区分材料性状,提升实践创新能力

实践和创新能力是工程技术人才最重要的素质。为将教学内容与产业实践和创新相结合,课程设计了“材料性状形成技术创新”案例,见案例 5。

案例 5. 材料性状形成技术创新:一种输送带产品,经典工艺是用混炼块状丁腈橡胶做覆盖胶,与整体编织高强芯体贴合并高温交联形成。某企业技术人员创新性采用粉末丁腈橡胶并用技术,基于浸渍涂层工艺制备产品。与原有技术相比,新产品粘合性能稳定,生产效率提高 8~10 倍,生产成本下降 20% 以上。该项创新的核心是采用粉末丁腈橡胶取代了块状丁腈橡胶,如图 5 所示。试分析下列哪些选项不是本案例要表达的观点?

(1)产品外观性状的变化,能够形成突出的技术创新。

(2)不要囿于现有技术,要能不断尝试新材料。

(3)技术开发,没有最好,只有更好。

(4)经典工艺输送带,没有任何竞争优势。

及深度分析方法经历多轮次教学实践,学生的课程综合能力考核成绩明显提升。课程目标达成情况的问卷调查结果表明,学生对该教学方法和教学效果非常满意。基于产学研视角的全过程案例教学,对学生高层次分析和实践创新能力的达成起到有效推动作用。

参考文献:

- [1] 施晓秋. 遵循专业认证 OBE 理念的课程教学设计与实施. 高等工程教育研究, 2018, (5), 154-160.
- [2] 王明艳, 周丽华, 张帆, 赵新辉, 宫俊琰, 陶传洲. 雨课堂背景下巧用案例法提高现代分析测试技术教学效果. 化学教育(中英文), 2021, 42(24),

- 35-39.
- [3] 丁国新, 张宏艳, 程国君, 万祥龙, 王周锋, 高俊珊, 田恐虎. 工程教育专业认证导向下的高分子科学实验连贯式教学模式探索与实践. 高分子通报, **2021**, (11), 94-99.
- [4] 周春月, 刘颖, 张洪婷, 卢燕飞. 基于产出导向 OBE 的阶梯式实践教学研究. 实验室研究与探索, **2016**, 35(11), 206-208.
- [5] 谢艳霞, 凤权, 阎琳, 魏安方, 杨莉. 非织造材料与工程专业“黏合剂与助剂”课程教学内容的调整与优化. 纺织服装教育, **2018**, 33(4), 302-304.
- [6] 谢艳霞, 凤权, 阎琳, 魏安方, 杨莉. 非织造材料与工程专业“黏合剂与助剂”课程实验教学体系的构建. 纺织服装教育, **2018**, 33(1), 78-80.
- [7] 谢艳霞, 宗志敏, 孙桂美, 汪光亮, 王飞, 魏贤勇. 帆布芯耐热输送带高温粘合性能的研究. 橡胶工业, **2011**, 58(12), 747-751.
- [8] 谢艳霞. 煤矿用整芯阻燃输送带动态粘合性能的测定. 橡胶工业, **2009**, 56(6), 371-373.
- [9] 程博闻. 非织造布用粘合剂. 北京: 中国纺织出版社, **2007**, 37-38.
- [10] 谢艳霞, 郑天辰, 石杰, 魏安方, 邹梨花, 王宗乾. 抗氧化剂 4010NA 和 RD 对过氧化二异丙苯交联 EPDM 耐热复合材料性能的影响. 高分子材料科学与工程, **2019**, 35(10), 68-76.
- [11] GB/T 34228-2017, 耐热浸胶帆布 高温粘合性能试验方法.
- [12] 姜文凤, 于丽梅, 高占先. 有机化学教程. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, **2019**, 145-148.
- [13] 陈平, 刘胜平, 王德中. 环氧树脂及其应用. 北京: 化学工业出版社, **2011**, 3-4.