

以工程应用为导向（实践性）教学在材料制备装备课程设计中的应用

贾强 1 王乙舒 1 郭福 1, 2

(1. 北京工业大学 北京 100124;

2. 北京信息科技大学 北京 100096)

[摘要]材料制备装备课程设计是北京工业大学材料与制造学部的一门专业必修课。课程目标为培养学生理论联系实际的设计思想，训练综合运用有关先修课程理论，以及结合生产实际分析和解决工程实际问题的能力。在实际教学中，引导学生综合运用理论计算并结合生产一线交流实践经验，以工程应用为导向设计一台真空热处理（钎焊）炉。

[关键词]材料制备装备，课程设计，工程应用

[中图分类号] TG439.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1647-9230(2023)-0061-03 **[收稿日期]** 2023-10-21

1、引言

真空钎焊技术从四十年代发展至今，已成为一种极有发展前途的技术，特别是在蜂窝结构和导流叶片、AMB（活性金属钎焊）陶瓷基板、金刚石工具和板翅式冷凝器的制造工艺中扮演着重要角色，广泛应用于航空航天、电子工业、工程机械和石油化工等领域。技术的实现离不开装备的发展。材料制备装备课程设计是一门专业实践课，授课对象为大三学生，授课时间为每年秋季学期的最后五周。此课程是机械设计课程之后将材料科学与多学科知识结合的一个重要教学环节，也是高等院校材料类专业学生第一次较全面的设计能力训练。《国家十四五规划和 2035 年远景目标纲要》中明确提出了要“建设高质量教育体系”。必须充分认识到高质量教育的核心是人才培养的高质量，因此高校专业课程的设计也要以专业实践教学体系为基础培养产业应用型人才。

习近平总书记在中央政治局第五次集体

学习时强调，要统筹兼顾，培养既具有坚实理论基础、又具有创新创造能力的新时代人才；要持续深化教育改革，高校把人才培养合理延伸向市场，市场把人才需求适当前移至高校，通过校企合作、产研融合等途径，不断夯实人才的科学理论基础，不断提升人才的技术应用和创新能力，全面提升教育质量。学习领会总书记关于教育理论的精神，这就要求我们高校教育工作者在日常教学中，要注重产学研结合⁽¹⁾⁽²⁾，在教授科学理论基础的同时，关注前沿产业需求，注重学生的实践性教学，以产业应用为导向，激励学生将所学知识应用于生产实践中。

2、分析材料制备装备的应用现状和前景 激发学生自主设计兴趣

整个设计课的开始，先介绍课程目标及授课框架，使学生明白课程意义及整体思路。课程首先从材料分类开始，然后引入材料的制备装备，介绍了不同的材料所需的制备装备。这部分属于通识课，使学生们对材料及

其制备装备有一个总体认识。然后从具体的结构材料讲起，思考这些特殊结构材料的制造工艺，从而引入真空钎焊技术，进而讲到真空热处理炉及其性能特点。

通过两张图片引入真空钎焊技术，一个是航空航天用封严蜂窝结构件，另一个是AMB陶瓷基板件。这两种产品都是生产实践中已经广泛应用的结构材料，有力的支撑着相关领域的科技装备的发展。引入航天器的发展史来介绍航空航天用封严蜂窝结构件，激发学生兴趣。具体讲到蜂窝夹层结构，这种结构夹芯层是由金属材料或其他复合材料制成的一种六边形或四边形孔格，在夹芯层的上下两表面再钎焊上较薄的表板。这种蜂窝结构强度很高，重量又很轻，还有益于隔音和隔热，是航空航天器上大量采用的一种结构。由电力电子功率器件的规模应用，讲到先进封装基板。AMB工艺是DBC工艺技术的进一步发展，它是利用钎料中含有的少量活性元素Ti、Zr与陶瓷反应生成能被液态钎料润湿的反应层，从而实现陶瓷与金属接合的一种方法。该工艺不仅具有更高的热导率、更好的铜层结合力，而且还有更高的可靠性，更适合制造IGBT模块封装用的陶瓷覆铜基板。在风能、太阳能、热泵、水电、生物质能、绿色建筑、新能源装备、电动汽车、轨道交通等重要领域，电力电子技术的高速发展将对IGBT模块封装的关键材料—陶瓷覆铜板形成巨大需求。

通过两张图片中所展示的两种产品的结

构特殊性，让学生们思考使用何种制造工艺才能满足产业生产需求，激发学生的思考潜力，进而引出真空钎焊工艺是其制造的必由选择。那么真空钎焊工艺有什么优点呢？什么样的装备能满足真空钎焊工艺呢？带着这些提问让学生们自主思考一台真空热处理设备应有哪些系统组成，自然而然的由老师引出真空热处理设备设计基础相关理论知识。

3、理论教学和生产实践并重 培养学生产学研结合思维

理论和实践是相辅相成的，理论用于指导实践，反过来实践可以检验、提升理论。真空热处理炉是一台复杂的装备，从实际应用场景出发，引导学生认识这台装备的真空系统、热处理系统、冷却系统、控制系统等组成构件。那么每个系统有什么作用呢，用什么参数指标来评价系统性能呢？教师通过结合每个分系统学科的发展史，在讲授理论计算知识的同时，也让学生们了解这些理论背后的故事，让学生们知其然知其所以然。如热处理系统的设计则要由传热学开始，其中出绕不开数学物理史上大名鼎鼎的傅里叶。傅里叶在《热的解析》理论中提出了热传导方程，同时也在这本著作中给我们展示了傅里叶变换的相关理论，他的这一发现对19世纪及之后的数学、物理、化学及各个工程领域都产生了深远影响，他的名字也被刻在埃菲尔铁塔的七十二位法国科学家与工程师之中。很多理论的产生都是实际的应用需求推动的，老师有时单纯的讲授理论会略显

突兀，而结合理论的发展史则更有助于学生的理解和兴趣的引导。

理论知识的学习更多的是为工程应用服务的。高校的教学更应该加强理论和工程应用的联系。因此在材料制备装备这门课理论教学完成之后，则是由老师带队前往北京航天金翔工厂一线实践参观，让同学们同工程师进行深度交流学习。这个过程不仅能使学生们对真空热处理设备有一个直观的感受，更能深刻感受到从理论到工程实现之间的距离。

以应用为导向，注重产学结合，让学生们学以致用，学科理论结合产业前沿需求，培养学生们工程思维。这个过程既让学生们了解了学科理论的现实应用场景，又激发了他们学习的动力和兴趣，对他们以后走上工作岗位身份转变的快速适应奠定良好基础。

4、双导师指导设计报告 提高学生工程应用项目实践能力

在老师完成理论实践教学后，给学生们留两周时间进行设计报告的撰写，其中第一周为学生们独立撰写设计报告环节，第二周为老师指导修改报告环节。在设计报告的撰写中，具体形式为四人一组，分别就真空热处理设备的子系统组成部分进行理论计算、有限元仿真、部件选型、工期评估、成本核算。通过团队协作完成一份完整的设计报告。

初稿完成后，以组为单位进行答辩展示，由导师进行评价指导。其中这门课的导师为双导师制，一位为高校指导老师，另一位为生产一线高级工程师，由两位老师从不同方面对学生的设计报告给予指导。

项目式的实践锻炼不仅提高了学生们综合运用各学科知识的能力，培养了学生的工程思维，也训练了他们的团队协作能力，这有助于提升学生们在以后的学习工作中主动思考问题、分析问题、解决问题的能力。双导师制有力地促进了产学的结合，既能将生产一线的工程问题反馈给学生们分析思考，又能促进学生们将理论应用到生产实践中。

5、结语

在材料制备装备课程设计的教学中，根据教学大纲，以项目式锻炼和双导师制为抓手，结合理论讲解和校外实践交流，在提升学生学习理论兴趣的同时，着重培养了学生学以致用工程思维。从实际的教学效果和最终提交的设计报告来看，课程提升了学生们应用理论解决实际问题的能力，锻炼了学生们工程思维，对应用型科技人才的培养产生了积极意义。

参考文献：

- [1] 潘懋元.产学研合作教育的几个理论问题[J]. 中国大学教学, 2008(3).
- [2] 姜健, 杨宝灵, 等产学研合作教育的内涵与时代特征[J]. 教学研究, 2006(3).

The engineering teaching in the course design of material preparation equipment

Jia Qiang¹, Wang Yishu¹, Guo Fu^{1,2}

(1. Beijing University of Technology, Beijing, 100124;

2. Beijing Information Science and Technology University, Beijing, 100096)

Abstract: The course of material preparation equipment is a required course in the Faculty of Materials and Manufacturing of Beijing University of Technology. The course has three goals. The first are developing the thinking model of combining theory with practice. The second are training the ability of applying the relevant theory. The third are training the ability of analyzing and solving practical engineering problems. In the practical teaching, students are guided to design a vacuum heat treatment (brazing) furnace by comprehensive use of theoretical calculation and practical experience on the production line.

Key words: Material preparation and equipment, course design, and engineering application