doi：10.3969/j.issn.1001-3849.2023.03.016

工程教育专业认证背景下电镀镍教学探索

高吉成，李大玉，靳惠明*
（扬州大学 机械工程学院，江苏 扬州 225127）

摘要：作为贯穿大学专业课程全过程的重要实践教学环节，实验教学既是专业课程理论知识的延伸，又是其他实践教学环节的基础。实验教学质量对大学生工程实践能力和自主创新能力的培养有着重要的影响。结合工程教育专业认证，以电镀镍为例，分析了实验教学所存在的问题，从教学内容、教学方法与教学评价三方面对电镀镍实验教学进行拓展与综合设计，提出了面向工程教育专业认证的应用型人才培养的实验教学模式。实践过程中充分发挥了学生的主观能动性，夯实了学生的专业知识，锻炼了学生的动手操作能力，增强了学生的实践创新意识，提升了学生的科学素养和工程思维能力。

关键词：工程教育；电镀镍；教学研究
中图分类号：TQ153 **文献标识码：**A

Teaching exploration of the electroplating Ni in the context of engineering education accreditation system

Gao Jicheng, Li Dayu, Jin Huiming*
（College of Mechanical Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China）

Abstract: As a crucial practical teaching step running through the whole course of college professional courses, experimental teaching is not only the extension of theoretical knowledge, but also the basis of other practical teaching process. It has an important influence of the experimental teaching quality on the engineering practice ability and independent innovation ability of college students. Take electroplating nickel for example, the problems in the experiment teaching were analyzed based on the engineering education certification. The experimental teaching of electroplating nickel was expanded and comprehensively designed based on teaching content, teaching method and teaching assessment. Finally, the experimental teaching model of application-oriented personnel training for the engineering education certification was put forward. It strengthens the students' professional knowledge, exercises their hands-on ability, enhances their innovative consciousness, and improves their scientific literacy and engineering thinking ability in practice.

Keywords: engineering education; electroplating Ni; teaching research

自2016年我国加入《华盛顿协议》以来，工程教育专业认证已然成为评价工科专业人才培养的

收稿日期：2022-11-10 **修回日期：**2022-11-25

作者简介：高吉成（1984—），男，博士，讲师，email：gaojicheng1984@163.com
通信作者：靳惠明，email：doctorjhm@sohu.com

基金项目：国家自然科学基金项目（51602279）；江苏省高等教育教改研究课题（2021JSJG316）；扬州大学教学改革研究课题（YZUJX2019-19B）；扬州大学2022年“课程思政”教学示范课程建设项目（18122303）

新标准[1]。工程教育专业认证注重培养具有自主创新能力与工程实践能力的能够解决复杂工程问题的创新型人才[2]。作为高校教学的重要环节,实践教学对于培养大学生创新能力与现代工程思维起着至关重要的作用[3]。大学实践教学环节中,实验教学既是专业课程理论知识的延伸,又是其他实践教学环节的基础[4]。学生在实验操作过程中可以发现实验现象背后的问题并对问题进行分析与综合,在此基础上通过运用所学的课程理论知识和所掌握技术手段解决问题,这不仅可以提高学生运用理论知识的水平,而且可以为学生解决复杂工程问题奠定扎实的实践基础[5]。

长期以来,实验教学在实验内容、实验方法、考核评价体系等方面存在欠缺,实验教学过程中忽略了学生实践创新能力和人文精神的培养,这在一定程度上背离了工程教育专业认证的“以学生为中心”、“以产出为导向”和“持续改进”的基本理念[6],从而使得学生在面对复杂工程问题时无所适从。本文以扬州大学材料成型及控制工程专业电镀镍设计为例,针对目前实验教学所遇到的问题,探索了解决实验教学环节问题的途径,构建了符合工程教育专业认证培养目标的实验教学模式,为培养专业基础知识、动手操作能力、人文精神素养、现代工程思维兼备的全方位创新型本科人才提供借鉴。

1 电镀镍实验设计的意义

电镀镍实验作为材料表面工程领域重要的基础性工程工艺实验,可以增强学生对电化学基础知识的运用能力,学生通过实验可以掌握电化学沉积的基本原理和技能,正确选择实验药品与仪器、配置电镀液、实施电镀、观察实验现象、记录实验数据、并对实验结果进行处理与分析。同时,电镀镍实验与工程应用密切相关,学生在实验过程中可以提升将理论知识应用于工程的实践能力,提高学生分析问题与解决问题的能力,同时,该实验对于学生开发新型电镀液及废液回收利用具有重要的指导意义,学生在实验过程中可以深入体会科学发展与公众健康、环境保护与社会可持续发展的关系[7-8]。

工程教育专业认证中,针对实验教学环节,要求学生能够运用基本原理和方法完成工艺流程设计,并在设计中体现创新意识;能够根据实验构建实验系统,安全地开展实验,正确地采集实验数据;能够运用现代测试与分析仪器等对问题进行分析与设计;能够在团队中独立或合作开展工作,并能够组织协调团队成员开展工作;能够评价工程实践对环境、社会可持续发展的影响。基于工程教育专业认证,结合电镀镍实践(实验)教学开展工作,发现目前教学实施过程中存在一定的不足。主要体现在:

(1)实验教学内容缺乏创新性与综合性,如电镀镍教学内容以直流电沉积纯镍为主,对新工艺、新技术、新材料的传授较少,未与前沿科技进行衔接。同时,实验内容主要是镍镀层的制备,学生在实验过程中主要是将镀层制备出来,而对于镀层微观结构与性能的分析与测试较少,实验缺乏综合性。

(2)实验过程以演示为主,通常是“老师做,学生看”,实验现场学生主要是观摩,学生在学习过程中只能得到感性的认识,不利于培养学生的自主创新能力。

(3)实验教学过程中注重专业知识和操作步骤的讲解与学习,忽视了学生道德品质和工程思维的提升,未能将学生的科学素养和社会责任感与实验教学相结合。

(4)实验考核评价机制缺乏规范性,实验教学主要考核实验操作(占比45%)和实验报告(占比55%,其中实验目的、原理、方案15%+实验结果整理、分析、解释和结论40%),加之实验所占课时较少,很难考核学生的真实水平,无法提升学生的团队合作能力和实践创新能力。

2 工程教育专业认证背景下电镀镍综合实验教学改革

针对原有实验教学存在的问题,结合工程教育专业认证基本要求,提出了电镀镍综合实验教学的新思路(如图1所示),即建设面向工程应用与前沿科学的综合性实验;教学过程中变“教师教,学生学”为“学生自主学习,教师引导协助”的“以学生为中心”的实验教学模式;充分利用现代化实验教学工具培养具有专业技能和工程素养的复合型人才;教学评价过程以实验技术操作为基础,建立多元化考核机制,实时反馈教学效果,形成持续改进的教学模式。

2.1 设计实验教学内容

优化实验教学内容,电镀工艺方面在原有直流电镀镍实验的基础上增加脉冲电镀工艺,电镀材料

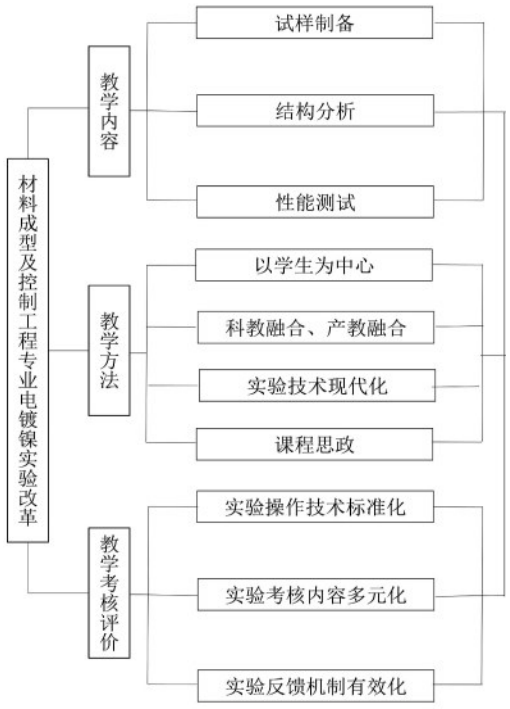


图1 工程教育专业认证背景下的电镀镍实验改革

Fig.1 Educational reform of Ni electroplating experiment based on engineering education accreditation

方面在电镀镍的基础上增加Ni-La、Ni-Co等合金电镀，实验过程中给予学生一定的自由，充分发挥学生的主动性，学生可以按照实验指导书完成直流电镀镍实验，也可以在查阅文献、整理文献的基础上对镀层的制备技术进行分析与思考并制备相关镀层进行观察。在镀层制备的基础上，引导学生完成镀层质量检测、组织分析与性能测试。质量检测主要针对镀层的外观平整度、光亮度、孔洞等进行分析，学生通过对实验结果进行分析可以验证电镀实验工艺设计是否合理并提出改进措施。镀层组织分析与性能测试主要包括镀层的微观组织、成分测定、表面硬度、耐蚀性与耐磨性等分析，通过组织分析与性能测试可以培养学生使用相关测试仪器的规范性，并通过分析工艺、组织与性能的关系，提高学生将材料学科基础知识运用到电镀镍实验中的应用能力。

2.2 创新实验教学方法

工程教育专业认证的落脚点是质量评价，实验教学质量的提升是以学生所获得的知识和能力为标准，因此实验教学中要突出学生的主体地位[9]。基于此，电镀镍实验教学过程中要摒弃原有的教师灌输式教学，教师在实验教学过程中根据教学内容提出相关问题，学生带着问题去设计实验并对实验过程中的问题进行分析与讨论，实验结束后提出问题的解决方案，整个实验教学过程发挥学生的主动意识。

同时，围绕工程教育专业认证，面向工程创新的复合型人才培养的需要，通过科教融合、产教融合，将表面工程科研成果和工程难题融于实验教学之中[10-11]，成立由2-3人组成的实验小组并进行分工，引导和启发学生了解实验现象背后的本质，使学生能够将电镀镍实验与前沿科学和实际工程问题相结合，培养学生的工程素养、创新能力及团队合作意识。

最后，实验教学过程中除了夯实学生的专业基础知识和锻炼动手操作能力之外，也应重视思想政治建设[12-13]。实验教学往往课时较少，教师在教学过程中更加注重学生专业技能的培养，而忽视了人文精神的引导，这不利于培养学生的现代工程教育理念[14]。因此，教师在教学过程中，应当通过挖掘实验教学深层次的工程背景和社会价值，培养学生实事求是、勇于创新的科学素养，爱护环境、规范操作的安全意识，不断探索、勇攀高峰的创新精神等，在传授专业知识与技能的同时实现价值引领[15-16]。通过电镀镍实验教学，学生了解到电镀技术在交通运输、船舶制造、机械电子和航空航天等工业领域有着广泛的应用，发展新型环保型电镀技术及电镀废水的回收处理对公众健康、环境保护与社会可持续发展有着重要的意义。

2.3 改革实验教学评价机制

传统的实验课程大部分只注重考核基本技能操作，学生最终往往只需要提交一份实验报告，教师对学生考核的内容基于实验操作和实验报告两部分，考核结果有很大的主观性，而且考核机制与工程教育专业认证中的多元化考核机制不符。对此提出了“基本操作+实验报告+科学素养”的多元化考核机制。通过优化实验教学考核机制，可以全面、客观的考核学生的真实水平与科学素养，促进专业教育与价值引领同向同行[17-18]。实验操作不同于理论教学，电镀镍实验过程不仅涉及到各种各样的实验仪器，而且涉及到大量的化学药品，因此实验考核过程中要注重实验操作的标准化与安全化[19]。实验报告主要包括实验报告撰写（书写规范、字迹工整、内容全面等）、实验现象分析（观察的准确程度、现象的正

确描述等)、实验数据处理及实验结果讨论等。同时,一个合格的复合型人才不仅具有严谨的书面写作能力,还应该具有良好的沟通交流能力。因此,学生需要在完成电镀镍实验报告之后要以口头表达的形式对实验进行分析与总结。除考核学生的基本操作和实验报告之外,另一重要的考核内容是科学素养[20],即实验考核不仅要注重结果评价,同时要对实验过程进行考核评价,考核时要体现评价的多元化与人性化,如电镀镍实验操作的安全性、实验报告的诚信程度、实验分析与讨论过程的创新与探索精神、团队合作中的担当精神等。

此外,实验教学不仅涉及到理论课程教师指导工作,而且涉及到实验技术人员的管理工作、实验室设备条件等,因此,实验教学的评价与反馈往往不如课程理论教学完备,尤其是缺乏学生视角的评价,实验教学往往是教师对实验过程的操作和实验报告的撰写给出简单的考核评价,这种总结性的评价机制既不能提升学生解决现代工程问题的能力,也不利于提高教师的实验教学水平,更达不到工程教育专业认证的标准。对此,应该建立以学生评教为中心的学生、教师、督导多元化评价主体,知识、技能、创新、素养的多元化评价内容及学生全面发展与教师教学能力提升的多元化评价目标的综合评价机制,以工程教育专业认证的指导思想提升教学质量。

3　实践效果

通过对实验教学进行改革,学生的积极性与学习热情得到极大的提升,学生对理论知识掌握程度、实验操作能力与分析解决实际工程问题的能力均得到提高,近年来学生在团队老师的指导下通过查阅文献、设计实验、试样制备、结构表征、性能分析等工作完成了电镀相关研究课题 7 项(见表 1)。基于工程教育专业认证背景下的教学改革,学生的自主学习能力与创新实践能力得到一定的提升,近年来学生完成材料表面工程相关课题 8 项(见表 1)。

表 1　学生在 2017~2022 年间完成的材料表面技术相关课题

Tab.1　Material surface related projects completed by students in 2017-2022

序号	类型	名称
1	电镀类	稀土元素对电镀镍镀层组织与性能的影响
2		电镀镍石墨烯复合镀层微观组织及性能研究
3		添加剂对电镀铜微观结构和性能的影响
4		多稀土效应对镍镀层组织和性能的影响
5		电镀镍中间层微观组织和性能研究
6		工艺参数对镍镀层结构和性能的影响
7		电沉积制备镍复合镀层的微观结构及性能研究
8	表面工程类	铝合金搅拌摩擦加工显微组织与耐磨性能研究
9		基于FSW技术制备聚酰亚胺颗粒增强7075铝基复合材料及其耐磨性能研究
10		FSP制备高熵合金颗粒增强铝基复合材料关键技术及性能研究
11		5083铝合金表面搅拌摩擦加工复合强化工艺及性能研究
12		太阳光催化降解污水膜基集成系统研发
13		柔性集成光电子器件中薄膜光波导结构的可控制备
14		绿净先锋—超滤催化降解集成膜层系统开创者
15		不锈钢网表面TiSiO基复合薄膜的制备与超润湿性能研究

同时,在实验教学改革基础上,材料成型及控制工程专业建立了本科生导师制度,学生创新实践参与率达到 100%,通过科教融合、产教融合、学科交叉,提高了学生分析问题与解决问题的能力、实验操作与动手的能力、团队合作的精神及工程素养,学生先后获得“互联网+”大学生创新创业大赛江苏省赛一等奖 1 项、国赛铜奖 1 项,全国大学生金相技能大赛一等奖 1 项、二等奖 2 项、三等奖 1 项,材料热处理创新创业赛一等奖 1 项、二等奖 1 项、三等奖 5 项。同时,学生的综合素质和竞争力在教学过程中得到提高,就业率与考研率亦得到提升,近年来用人单位对毕业生的专业基础知识和实践动手能力认可度较高,2022 年专业考研率达到 68.4%。材料成型及控制工程专业入选 2021 年国家级一流本科专业建设

点并通过了工程教育专业认证。

4 结束语

工程教育专业认证更加注重兼具理论知识、动手能力、创新精神与工程素养的全方位人才的培养。基于工程教育专业认证的要求，以电镀镍教学设计为例，以学生为中心，改变原有的演示性为主的实验教学模式，增加了实验的前沿性、创新性与综合性，通过优化实验内容、教学方法与考核评价，培养了学生的自主学习能力、学科交叉能力、创新实践能力、团队合作能力及人文精神素养。工科专业应该以“工程教育专业认证”为契机，结合高校自身特点，增强学生的工程创新能力，提升学生的科学素养，为社会培养合格的工程师与建设者。

参考文献

[1] 陈厚丰, 张凡稷. 近十年我国高等工程教育的发展轨迹、困境与路径抉择[J]. 大学教育科学, 2021(5): 60-68.

[2] 李志义, 赵卫兵. 我国工程教育认证的最新进展[J]. 高等工程教育研究, 2021(5): 39-43.

[3] 陶宇斐, 关增建. 我国高等工程教育实践教学发展研究(1990-2019)[J]. 上海交通大学学报(哲学社会科学版), 2021, 29(5): 156-166.

[4] 卜路霞, 尹立辉. 基于应用型专业的电化学分析技术的教学探索[J]. 电镀与精饰, 2021, 43(6): 62-64.

[5] 杨继年, 宣自月, 崔蓬, 等. 基于专业认证背景的高分子材料专业综合实验教学实践[J]. 高分子通报, 2019(5): 71-76.

[6] 鱼海涛, 解忧, 刘伟. 工程教育专业认证背景下理工科课程思政系统化设计与实施[J]. 高等工程教育研究, 2021(3): 100-103, 151.

[7] 石峰, 丁金友, 匡泓, 等. 智能环保自动化-电镀表面处理设备制造业的现状与展望[J]. 电镀与精饰, 2021, 43(12): 38-42.

[8] 张厚, 施力匀, 杨春, 等. 电镀废水处理技术研究进展[J]. 电镀与精饰, 2018, 40(2): 36-41.

[9] 欧珺, 吴福根, 杨文斌. 基于以学生为中心理念的实验教学质量评价实证研究[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(7): 209-212, 224.

[10] 苗荣荣, 陈佰满, 赵鸿斌, 等. 摩尔电导率测定实验的综合设计及教学模式探索[J]. 电镀与精饰, 2022, 44(4): 60-66.

[11] 梁静鑫, 祁明德, 刁衍斌, 等. "产学创":新工科人才培养工程实践系统的优化机制[J]. 系统科学学报, 2022, 30(2): 105-109.

[12] 王丽, 潘虹, 刘大颖. 有机化学课程思政教学实践[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(18): 58-63.

[13] 王春燕, 房芳. 课程思政改革在高校化学实验教学中的探索[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(4): 217-221.

[14] 武承林, 韩德满, 何冰晶, 等. 专业认证背景下材料现代测试技术课程教学探讨[J]. 高分子通报, 2017 (7): 74-77.

[15] 于成文. 新时代高校"课程思政"改革的探索与实践[J]. 中国高等教育, 2021(23): 23-25.

[16] 杨振国, 龚嶷, 徐珂. 课程思政建设的内涵与实践-以"材料失效分析"为例[J]. 中国大学教学, 2021(11): 39-45.

[17] 孟爽, 金向阳, 李德溥, 等. 基于新工科背景下液压与气压传动的在线教学设计与实践[J]. 机械设计, 2020, 37(增2): 274-276.

[18] 王亚良, 董晨晨, 屠立群, 等. 一流本科背景下机械工程实验中心建设与实践[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(8): 229-232, 237.

[19] 陈芳. 基于«电镀生产管理8讲»分析电镀企业的生产管理及信息化建设[J]. 电镀与精饰, 2020, 42(12): 47.

[20] 孙艳丽. 大学生工程技术素养的性别差异研究-以上海市9所高校为例[J]. 复旦教育论坛, 2021, 19(1): 60-66.