



武器装备材料综合实践项目教学计划

(执笔人: 尹昌平 吴楠 朱利安 王震 审阅学院: 空天科学学院)

项目指导书编号:

本项目综合训练学生根据武器装备构件的使用要求,合理选材和优化加工工艺,制备出零构件并对其性能进行表征和分析,重点检验学生对材料知识的掌握及应用的能力,以实现知识系统化,实践技能熟练化。通过该项目的实践让学生具备学习、研究以及制备武器装备材料的基本素养和能力。

本项目由两个模块组成,分别为武器装备复合材料成型与制备,武器装备金属构件的选材、热处理、加工及组织性能分析。复合材料和金属材料是目前应用于武器装备的主要材料类型,具有较强的代表性。两个模块各20个学时,共40个学时。由于两个模块都涉及了构件制备和测试试样的制备,存在较长的等待时间,为了合理安排好学生实践时间,两个模块交叉进行,其时间安排见附录1.

模块一: 武器装备复合材料成型与制备

1. 概述

1.1 总体目标

通过本实验课程的学习,使学生熟悉聚合物基复合材料的五种重要的制备工艺(包括模压工艺、铺带-热压工艺、注射工艺、缠绕工艺、复合材料快速修复技术),并理解构件设计的相关概念和原理,掌握各类复合材料构件的性能考核原理和方法。

培养学员能依据产品构型尺寸和使用性能要求来设计和制备复合材料的能力,并能解决复合材料制备中关键技术难题的能力,具体包括依据特定产品构型和使用性能要求来选择成型工艺,综合考虑产品使用工况和纤维增强体制备的工艺可实现性来进行结构铺层设计,具备根据产品使用要求来选定原材料体系,进行模具设计和制备,采用优化的工艺参数制备复合材料构件,并对其性能进行考核和分析的能力。加深学员对复合材料的认识,培养学生的工艺操作基本技能、科研素质及其创新意识,提高学生理论联系实际、分析与解决问题的能力。

1.2 社会背景与意义

面对新的转型和挑战,开设《复合材料成型与制备》项目,目的是培养学员综合应用本科阶段前期所学物理、化学和力学等知识进行复合材料制品综合设计、制备、考核和应用的能力,为学员毕业后从事复合材料相关工作以及继续攻读复合材料专业研究生深造奠定深厚的理论和实践基础;对促进武器系统与工程(新概念武器)、材料科学与工程(试验评估技术)专业本科生创新能力、实践能力、任职能力的培养,提升材料专业和武器系统专业本科人才培养质量,具有重要的理论价值与现实意义。

1.3 项目组成

①实施对象: 武器系统与工程(新概念武器)、材料科学与工程(试验评估技术)专业三年级、四年级学员。

②涉猎的课程: 《工程制图》、《材料力学》、《有机化学》、《物理化学》、《复合材料学》、《复合材料成型

技术》、《复合材料设计与成型》。

③基础知识：以项目需求为牵引，培养学员分析问题的能力，引导学员运用所学物理、化学和力学等基础知识提出综合设计方案，完成复合材料样件的制备实践并对其进行基本性能测试，基于测试结果分析对综合设计方案进行反馈和验证。

1.4 项目说明和范围

《复合材料成型与制备》项目总学时为 20 学时，项目计划在两个星期之内完成，项目实施地点为空天科学学院材料科学与工程系材料学教研室的综合工艺实验室。

复合材料成型课程综合设计项目的主要内容范围是聚合物基复合材料的五种重要的制备工艺（包括模压工艺、铺带-热压工艺、注射工艺、缠绕工艺、复合材料快速修复技术）相关原理和设备、构件设计的相关概念和原理、典型复合材料构件的性能考核原理和方法。

项目具体的实施过程分为如下 10 个部分：

- ① 指导老师采用集中授课的方式讲授模压、铺带-热压、注射、缠绕和复合材料快速修复工艺的基本原理，材料体系设计的基本方法，结构铺层设计的基本方法，成型模具设计的基本方法，工艺设计的基本方法以及制品性能测试的基本方法。
- ② 学员分组并领取各小组的总任务书，协调组内分工并领取各自分任务书。
- ③ 指导老师对各分项任务的学员分别进行模具设计、结构铺层设计、材料体系设计、工艺设计、修复设计、性能测试设计的专题辅导。
- ④ 学员依据各自的分项任务开展设计工作。
- ⑤ 依据学员设计工作的进展情况，指导老师与负责分项设计任务的学员进行模具设计、结构铺层设计、材料体系设计、工艺设计、修复设计、性能测试设计的学员进行专题研讨。
- ⑥ 指导老师对学员的制备工艺方案进行评审和答辩。
- ⑦ 学员协同进行样件的工艺制备。
- ⑧ 按任务书要求对样件进行相关性能测试。
- ⑨ 完成综合设计报告。
- ⑩ 指导老师对学员进行综合设计报告的评审和答辩。

1.5 学习活动和任务

1.5.1 模压工艺制备复合材料板状件

1.5.1.1 实验任务

了解模压成型工艺的工艺原理及种类，能依据制品构型设计与制备模压成型模具，能依据制品使用性能要求选择基体树脂与增强材料，掌握模压升温-加压机制及其对制品性能的影响规律，了解模压成型制品常见缺陷的形成及其解决方法。

1.5.1.2 实验原理

模压是指一种模压料在金属对模中，受高温高压作用成型异性制品的工艺过程，并且在成型过程中，模具在模压料完全充模之前，一直处于非闭合状态的复合材料成型工艺方法。模压成型一般应满足如下几



个基本条件：①模压料是在模具开启状态下加入的；②成型过程中，模压料需要在较高温度条件下快速固化；③制品成型需要保持较高成型压力，成型压力一般由液压机施加；④制品尺寸和形状主要由闭合状态下的模具型腔来保证。

根据树脂和增强材料加入模具内的时间和顺序，通常可将模压成型分为2种类型。如果树脂在成型时和增强材料几乎同时加入模具中，则属于湿法成型，如吸附与成型坯模压法；如果树脂在成型前就预先和增强材料充分混合，先制成模压料，并且在成型时直接加入到模具内，则属于半干法或干法成型，诸如预浸料模压法、SMC/BMC法等大部分模压工艺。

1.5.1.3 实验内容及要求

围绕着模压成型工艺制备复合材料板状件，主要进行如下一些实验：①依据制品构型尺寸及使用性能要求，选择基体树脂及增强材料；②依据制品构型尺寸及成型工艺参数要求，设计和制备模压成型模具，要求采用工程化的方法来对模具设计进行表达并交付机械加工厂进行机加；③制备复合材料预浸料，并铺覆在模具上，要求掌握预浸料中树脂含量的控制方法；④对模压成型模具进行加热加压，使树脂发生固化反应，要求能对树脂的固化反应过程进行分析，并依据固化反应特性来确定升温速率和固化温度，以及加压时机和成型压力；⑤对制品性能考核，对可能出现的缺陷要求能分析原因并提出改进方法。

1.5.1.4 实验结果及要求

对模压制备的板材进行性能测试，并完成实验报告。

所进行的性能测试主要包括如下几个方面：①外观检查：主要是气泡、褶皱、表面光洁度等方面的检查；②材料基本力学性能测试：可从板材制品上取出材料试件后依据相关测试标准在力学性能试验机上进行基本力学性能的测试；③纤维体积含量测定及显微结构检查：从板材取出材料试件后依据相关标准在金相显微镜上进行纤维体积含量的测定，同时拍照以对显微结构进行分析。

所要提交的实验报告要包括如下一些内容：①模具设计图纸，要求是工程化的制式图纸；②基体树脂和增强材料，要求给出不同材料体系的比较以及选定的理由；③树脂的固化反应特性分析，以及如何依据该特性确定升温-加压机制；④制品的性能检测结果，检测项目包括制品外观、材料基本力学性能、纤维体积含量和制品显微结构。

1.5.2 铺带-热压工艺制备复合材料翼型板件

1.5.2.1 实验任务

了解铺带-热压成型工艺的工艺原理及种类，能依据制品构型设计与制备铺带-热压成型模具，能依据制品使用性能要求选择基体树脂与增强材料（或预浸料），掌握铺带-热压加热-加压机制及其对制品性能的影响规律，了解铺带-热压成型制品常见缺陷的形成及其解决方法。

1.5.2.2 实验原理

铺带-热压是指采用自动铺带机在模具成型面上自动铺放预浸料、得到预浸料预成型体，并利用真空袋膜和密封胶带封装，然后将真空封装好预成型体的成型模具放入热压罐内，利用热压罐提供的均匀高温、高压固化定型，制备高性能复合材料构件的工艺方法。该工艺成型制品性能均匀、稳定，质量高、制品纤

维体积分数可达 70-80%，常用于高性能航空航天复合材料构件的制备。铺带-热压成型一般应满足如下几个基本条件：①铺带原材料通常为预浸料模压料；②致密均匀的预浸料预成型体需要自动铺带机铺放制备，高性能关键之一；③固化定型时由热压罐提供的真空负压、均匀高压和高温，高性能关键之二；④制品尺寸形状由刚性成型模具来保证。

1.5.2.3 实验内容及要求

围绕着铺带-热压成型工艺制备复合材料翼型板件，主要进行如下一些实验：①依据制品构型尺寸及使用性能要求，选择基体树脂及增强材料（或预浸料）；②依据制品构型尺寸及成型工艺参数要求，设计和制备模压成型模具，要求采用工程化的方法来对模具设计进行表达并交付机械加工厂进行机加；③制备复合材料预浸料（或使用直接购买的预浸料），采用自动铺带机铺覆在模具成型面上，制备预浸料预成型体，预成型体表面铺放脱模布、吸胶毡等辅助材料，并用真空袋膜和密封胶带在成型模具上将预成型体封装起来；④封装好的成型模具放入热压罐内，抽真空、加热、加压固化定型，要求能对预浸料的固化反应过程进行分析，并依据固化反应特性来确定升温速率和固化温度，以及加压时机和加压压力；⑤对制品性能考核，对可能出现的缺陷要求能分析原因并提出改进方法。

1.5.2.4 实验结果及要求

对铺带-热压制备的翼型板材进行性能测试，并完成实验报告。

所进行的性能测试主要包括如下几个方面：①外观检查：主要是气泡、褶皱、表面光洁度等方面的检查；②材料基本力学性能测试：可从翼型板材制品上取出材料试件后依据相关测试标准在力学性能试验机上进行基本力学性能的测试；③纤维体积含量测定及显微结构检查：从板材取出材料试件后依据相关标准在金相显微镜上进行纤维体积含量的测定，同时拍照以对显微结构进行分析。

所要提交的实验报告要包括如下一些内容：①模具设计图纸，要求是工程化的制式图纸；②基体树脂和增强材料（或预浸料），要求给出不同材料体系的比较以及选定的理由；③预浸料树脂的固化反应特性分析，以及如何依据该特性确定加热-加压机制；④制品的性能检测结果，检测项目包括制品外观、材料基本力学性能、纤维体积含量和制品显微结构。

1.5.3 注射工艺制备复合材料筒状件

1.5.3.1 实验任务

了解 RTM 工艺的工艺原理及工艺流程，能依据制品构型设计与制备注射成型模具，能依据制品使用性能要求选择基体树脂与增强材料，能依据制品使用性能要求和铺层操作工艺可实现性进行结构铺层设计，能依据树脂化学反应流变特性和固化反应特性确定注射和固化工艺窗口，掌握注射成型制品的常见缺陷的形成原因及其解决方法。

1.5.3.2 实验原理

RTM 工艺是一种采用刚性闭合模具制造复合材料的技术，其基本原理是在模具的型腔中预先放置增强材料，合模夹紧后，在一定的温度和压力下将经静态混合器混合均匀的树脂体系注入模具，浸渍增强体物并固化，最后脱模得到制品的复合材料成型工艺。



RTM 工艺最早起源于 1940 年的 MARCO 法，最初是为适应飞机雷达天线罩成型而发展起来的。RTM 成型工艺流程主要包括：模具清理，脱模处理——胶衣涂布——胶衣固化——纤维及嵌件安放——合模——树脂注入——树脂固化——脱模——制品。

RTM 工艺的技术优势是将纤维预成型体的设计与树脂的模塑过程分开，能够充分发挥铺层材料的可设计性，这对复杂结构构件的整体成型十分有利。RTM 工艺过程中，可预先将结构中的夹芯、加筋和预埋嵌件或需开槽、开孔的部位，在纤维预成型体上设计出来并与增强材料复合在一起，通过树脂注射，一次整体成型，而不必再进行二次加工，故复合材料构件的结构整体性优良，被认为是制备高性能复合材料结构的最佳工艺之一。

1.5.3.3 实验内容及要求

围绕着注射成型工艺制备复合材料筒状件，主要进行如下一些实验：① 依据制品构型尺寸及使用性能要求，选择基体树脂及增强材料；② 依据制品构型尺寸及成型工艺要求，设计和制备注射成型模具，要求采用工程化的方法来对模具设计进行表达并交付机械加工厂进行机加；③ 对结构铺层进行设计并制备纤维增强预成型体，要求在考虑铺层操作可实现性的前提对结构铺层进行优化设计；④ 对模具和树脂进行预热，并在真空辅助条件下将树脂注入膜腔中浸渍纤维增强体，要求对树脂的化学流变特性和固化反应特性进行分析，并据此确定注射工艺窗口和固化制度；⑤ 对制品性能考核，对可能出现的缺陷要求能分析原因并提出改进方法。

1.5.3.4 实验结果及要求

对注射成型工艺制备的筒件进行性能测试，并完成实验报告。

所进行的性能测试主要包括如下几个方面：① 外观检查：主要是气泡、褶皱、贫胶、富胶等方面的检查；② 材料基本力学性能测试：可从筒件制品上取出材料试件后依据相关测试标准在力学性能试验机上进行基本力学性能的测试；③ 纤维体积含量测定及显微结构检查：从筒件取出材料试件后依据相关标准在金相显微镜上进行纤维体积含量的测定，同时拍照以对显微结构进行分析。

所要提交的实验报告要包括如下一些内容：① 模具设计图纸，要求是工程化的制式图纸；② 基体树脂和增强材料，要求给出不同材料体系的比较以及选定的理由；③ 树脂的化学流变特性分析和固化反应特性分析，以及如何依据该特性确定注射工艺窗口和固化制度；④ 制品的性能检测结果，检测项目包括制品外观、材料基本力学性能、纤维体积含量和制品显微结构。

1.5.4 缠绕工艺制备复合材料管状件

1.5.4.1 实验任务

了解缠绕工艺的工艺原理及工艺流程，能依据制品构型设计与制备缠绕芯模，能依据制品使用性能要求选择基体树脂与增强材料，掌握缠绕规律并能依据制品使用性能要求设计缠绕参数，掌握注射成型制品的常见缺陷的形成原因及其解决方法。

1.5.4.2 实验原理

纤维缠绕成型工艺是在控制纤维张力和预定线型的条件下，将连续的纤维粗纱或布带预浸树脂胶液、

连续地缠绕在相应于制品内腔尺寸的芯模或内衬上，然后在室温或加热条件下使之固化后，设法取出芯模或内衬而制成一定形状制品的方法。

纤维缠绕成型工艺按其工艺特点通常可分为干法缠绕成型、湿法缠绕成型及半干法缠绕成型三种工艺方法。

缠绕制品以其具有比强度高，可避免布纹交织点与短切纤维末端的应力集中，可使产品实现等强度设计等特点，在管件、罐件等一类构件中得到了广泛应用。

所谓缠绕规律就是研究导丝头与芯模之间相对运动的规律，以满足纤维均匀、稳定、规律地缠绕在芯模上。缠绕制品规格、形状种类繁多，缠绕形式千变万化，但缠绕规律可归结为三种：环向缠绕、纵向缠绕和螺旋缠绕。目前，对于缠绕规律的研究主要采用两种分析方法：标准线法和切点法。标准线法的基本点就是通过容器表面的某一特征线——“标准线”来研究制品的结构尺寸与导丝头、芯模相对运动规律。这种方法直观性强易学懂，但分析演算过程较为复杂，精确性也不太高。切点法是研究缠绕线型在极孔上对应切点的分步规律，研究纤维缠绕芯模转角与线型，速比之间的关系。该方法的理论性较强，数学推导比较严密。这两种分析方法、出发点虽不相同，但并无本质区别。

1.5.4.3 实验内容及要求

围绕着缠绕成型工艺制备复合材料管状件，主要进行如下一些实验：① 依据制品构型尺寸及使用性能要求，选择基体树脂及增强材料；② 依据制品构型尺寸及成型工艺要求，设计和制备缠绕芯模，要求采用工程化的方法来对模具设计进行表达并交付机械加工厂进行机加；③ 对缠绕参数进行设计，在保证缠绕工艺可实现性的前提下对缠绕参数进行优化设计，掌握封头缠绕包络圆的调节方法；④ 在缠绕机上按照设计参数缠绕复合材料管件，并进行固化，要求掌握预浸料树脂含量的控制方法；⑤ 对制品性能考核，对可能出现的缺陷要求能分析原因并提出改进方法。

1.5.4.4 实验结果及要求

对缠绕成型工艺制备的管件进行性能测试，并完成实验报告。

所进行的性能测试主要包括如下几个方面：① 外观检查：主要是气泡、裂纹、凹凸（或皱纹）、返白等方面的检查；② 固化度测试：可采用呋喃玻璃钢固化度简易检验方法或通过测试巴氏硬度来间接地考核复合材料的固化程度；③ 纤维体积含量测定及显微结构检查：从管件上取出材料试件后依据相关标准在金相显微镜上进行纤维体积分含量的测定，同时拍照以对显微结构进行分析。④ 力学性能测试：从管件上取出材料试件后依据相关标准在电子万能试验机上进行弯曲性能测试。

所要提交的实验报告要包括如下一些内容：① 模具设计图纸，要求是工程化的制式图纸；② 基体树脂和增强材料，要求给出不同材料体系的比较以及选定的理由；③ 缠绕参数的设计以及封头缠绕包络圆的调节方法，以及预浸料中树脂含量的控制方法；④ 制品的性能检测结果，检测项目包括制品外观、固化度、基本力学性能、纤维体积分含量和制品显微结构。

1.5.5 复合材料快速修复损伤构件

1.5.5.1 实验任务



了解复合材料快速修复技术的基本原理，能依据损伤构型进行损伤分析和修复设计，能依据损伤类型确定修复方式，并选择所需基体树脂、增强材料、辅助材料等修复材料，掌握挖补、贴补和注胶等三种复合材料快速修复技术，掌握损伤修复的常见缺陷的形成原因及其解决方法。

1.5.5.2 实验原理

三种复合材料快速修复技术：挖补、贴补和注胶修复。

挖补修复是先将损伤部位的损伤材质挖除（即损伤清创），然后在挖除部位直接成型复合材料进行修复的修复方法。该方法可方便修复破损、断裂的金属、复合材料、夹芯结构等损伤构件。

贴补修复是损伤部位清理后直接成型复合材料进行修复的修复方法。该方法适合于断裂或裂纹损伤构件。

注胶修复是通过将修复胶液直接注入到损伤部位的损伤层间，修复胶液固化后将损伤部位原位粘接修复的修复方法。该方法适合于内部损伤或层间损伤构件的原位修复。

1.5.5.3 实验内容及要求

围绕着挖补、贴补和注胶修复损伤构件，主要进行如下一些实验：① 依据制品构型尺寸、使用性能要求和损伤类型，选择基体树脂、增强材料、辅助材料和修复方式；② 依据损伤类型和选定的修复方式，进行损伤分析、修复设计，然后进行损伤准备和损伤清创处理；③ 按照修复设计，进行修复实施，修复和固化定型；④ 修复同时制备修复随样件，用于对比评估修复效果；⑤ 对修复部位性能考核，对可能出现的缺陷要求能分析原因并提出改进方法。

1.5.5.4 实验结果及要求

对修复损伤构件进行性能测试，并完成实验报告。

所进行的性能测试主要包括如下几个方面：① 外观检查：主要是气泡、裂纹、凹凸（或皱纹）、返白等方面的检查；② 固化度情况：通过测试巴氏硬度来间接地考核复合材料的固化程度；③ 纤维体积含量测定及显微结构检查：将修复随样件依据相关标准在金相显微镜上进行纤维体积分含量的测定，同时拍照以对显微结构进行分析。④ 力学性能测试：从随样件上取出材料试件后依据相关标准在电子万能试验机上进行力学性能测试。

所要提交的实验报告要包括如下一些内容：① 模具设计图纸，要求是工程化的制式图纸；② 基体树脂、增强材料、辅助材料和修复方式，要求给出选定的理由和依据；③ 损伤分析、修复设计的原理方法；④ 制品的性能检测结果，检测项目包括制品外观、固化度、基本力学性能、纤维体积分含量和制品显微结构。

2. 学习目标

2.1 技术目标

① 熟悉聚合物基复合材料的五种重要的制备工艺（包括模压工艺、铺带-热压工艺、注射工艺、缠绕工艺、复合材料快速修复技术）；

② 理解构件设计的相关概念和原理；

- ③ 掌握聚合物基复合材料制备过程中设备的使用；
- ④ 亲自动手实践，与同伴共同设计、制造聚合物基复合材料；
- ⑤ 掌握各类复合材料构件的性能考核原理和方法；

2.2 能力目标

2.4.1 记忆并理解材料的结构、材料的演变、材料的性质、材料的加工和材料的工程应用等方面的知识

2.4.2 熟悉材料科学与工程领域某一方面的专业知识

3.1.1 采用各类实验手段结合理论分析准确发现问题

3.2.1 综合运用数学、物理、化学和工程知识，通过科学语言描述材料工程问题

4.2.1 能够针对系统、部件或工艺流程的特征准确提出所需材料的性能指标，进行合理选材

5.1.1 理解实验设计的方法，并用于设计合理的实验方案

5.1.2 理解并能应用材料科学与工程实验的一般方法和流程，能够独立开展或在其他人员的辅助下为主开展实验

5.2.2 能够运用材料知识对实验数据进行解释，但解释正确与否不作为毕业要求

5.3.1 能够根据分析结果评价实验效果和研究结果

5.4.1 能够通过中英文书面方式简洁并充分地表达研究过程与结论

5.4.2 能够通过中英文口头交流方式简洁并充分地表达研究过程与结论

6.1.1 能够在材料工程实践中运用物理、化学、力学、机械、电工电子实验方法

6.1.2 能够在材料工程实践中运用 Matlab、Ansys、CAD、Origin、Labview 等通用现代工程工具；

9.1.1 具有良好的大局意识和协作精神，能够在团队中发挥积极作用

3. 团队组织及管理

3.1 组团规模

- 每组 5-6 名学生

3.2 组团组织

■ 由尹昌平副教授负责，统一规划项目课程安排，杨金水副教授、吴楠讲师、陈丁丁讲师等作为辅助教员参与和各自负责相应模块的项目实施。每个实验项目都由教研室的工程师和博士生参与协作和指导；项目实施过程中每组的任务分工由项目组成员自行决定。

3.3 组团管理

■ 每个项目组配备一名工程师全程负责指导和帮助，并且设置正副组长各一名，负责实验项目的设计、规划、实验、测试和撰写最终实验报告。项目实施过程中，由教员向每个项目组下达任务书，正副组长负责组织组员根据任务书进行项目设计和实践，教员全程监督指导，课程教学团队全程参与指导。

3.4 组团数量

- 具体规模按当年报名人数具体核定

4. 给学员的注释

- 附录 2

5. 给教员的注释

- 不适用

6. 评估

6.1 总结所用的方法、工具

- 不适用

6.2 总结评估

- 采用中期答辩、项目答辩和现场查验的方法对学时作品和制作过程进行评估。

6.3 反馈方法

- 项目进行过程中，会组织三次研讨，学员对项目进行过程中遇到的问题反馈给教员；
- 每个项目组配备一名全程助理工程师，设计和实验过程中遇到问题可以随时反馈给辅助工程师。

6.4 书写评估

- 项目综合设计报告的格式参考国防科技大学的本科毕业论文的格式要求，对学员综合设计报告的图、表、文字和参考文献格式根据论文要求进行书写评估。

6.5 口头评估

- 采用中期答辩和项目答辩的方式对学员进行口头评估。

6.6 同组者评估

- 不适用

7. 资源

7.1 预算

7.1.1 重复性开支

- 项目实施过程中使用的树脂、固化剂、碳纤维布和有机溶剂等耗材开支为 2.8 万元。

7.1.2 非重复性开支

- 项目实施过程中涉及的仪器耗损和实验表征测试费用为 5 万元。

7.2 材料

7.2.1 材料清单

- 环氧树脂、酚醛树脂、双马树脂、固化剂、碳纤维纱、碳纤维平纹布、碳纤维单向带、玻璃纤维平纹布、碳纤维预浸料、夹芯材料等

7.2.1.1 可重复利用材料

- 不适用

7.2.1.2 耗材

- 丙酮、乙醇、脱模布、吸胶毡、脱模纸、聚四氟乙烯膜、密封胶带、真空袋膜、注胶管等

7.2.2 工具

- DSC 测试仪、TG 测试仪、凝胶拔丝试验装置、自动铺带机、液压机、热压罐、电子万能试验机、游标卡尺、光学显微镜、氧乙炔烧蚀测试平台

7.3 人员配置

7.3.1 教职人员

尹昌平（13787167946）、杨金水（13469089429）、吴楠（13487596213）、陈丁丁（18570388406）

7.3.2 技术人员

赵秀辉（工程师）18774832152

廖维（工程师）13975171453

张慧军（工程师）18874766542

卿文涛（工程师）18508431936

7.3.3 其他人员（如教官、具有某些技能或证书人员）

■ 不适用

7.4 空间

7.4.1 设计

■ 统一安排在空天科学学院材料科学与工程系材料学教研室会议室

7.4.2 实现

■ 不适用

7.4.3 储存

■ 不适用

7.4.4 操作

■ 统一安排在空天科学学院材料科学与工程系材料学教研室综合工艺实验室。

7.5 软件资源

■ 预装 ANSYS 的电脑；

■ 预装 UG 和 AUTOCAD 的电脑；

■ 预装 Microsoft Office 的电脑；

8. 安全及危险控制

8.1 有毒材料

■ 丙酮和乙醇具有一定毒性，实验过程中需要佩戴口罩和手套，避免与皮肤接触。

8.2 设备

8.2.1 电气

■ 项目实验过程中，需要使用液压机、注射机、自动铺带机、缠绕机、热压罐、电子万能试验机和氧乙炔烧蚀测试平台等设备，学员使用前需要在专业工程师的指导下完成操作培训，合格后方可使用设备；使用过程中，要严格按照操作规程，严禁超出操作规程进行操作，使用过程中遇到问题，要迅速关掉停止按钮，并及时向教员或工程师报告。

8.2.2 机械设备

■ 不适用

8.2.3 手持、辅助工具

■ 游标卡尺和光学显微镜，不存在安全风险。

8.3 操作安全

■ 试验现场服从管理，保持秩序井然；

■ 进行试验操作前，学员应按规定做好穿戴；

■ 遇到突发状况，学员要及时跟指导老师报告；

■ 实验过程中，学员应做好数据记录并拍照；



- 仪器设备开动后，如需长时间等候，学员不得擅自离开试验现场。

8.4 政策或规章制度

8.4.1 政府层面

- 不适用

8.4.2 学校层面

- 不适用

9. 变化

项目在设计要求或细节上允许有所变化，可以让教员根据现有资源进行调整（时间、场地、资金），增加或减少设计的范围，或随年份对项目进行微调等。

10. 附录

10.1 多媒体材料

- 《复合材料成型与制备》项目教学 PPT；

10.2 其它资源

10.2.1 宣讲材料

- 《复合材料成型与制备》项目讲义；

10.2.2 链接

- 不适用

10.2.3 文章

- 刘良森，谢霞，邱冠雄. 多向纤维缠绕机缠绕线型及其控制系统的设计[J]. 玻璃钢/复合材料, 2006(3): 36-38.
- 李勇，肖军. 复合材料纤维铺放技术及其应用[J]. 纤维复合材料, 2002(3): 39-41.
- 艾涛，王汝敏. 低成本、高性能复合材料的成型技术[J]. 纤维复合材料, 2004(2): 42-44.

10.2.4 文献

- 《复合材料成型技术》，黄家康，岳红军，董永祺编. 化学工业出版社，2008
- 《高性能复合材料学》，郝元恺，肖加余编. 化学工业出版社，2004

模块二：武器装备金属构件的选材与制备

1. 概述

1.1 总体目标

学生每三人一组，运用材料科学基础、工程材料学、材料加工原理、材料力学行为、材料分析测试的知识完成指定使用工况的金属构件的选材、热处理和加工成型，对构件的组织 and 性能进行分析测试，给出评价。

1.2 社会背景、意义

该项目是一个团队项目，有助于培养团队协作精神。同时，它涉及了零构件的设计、选材和加工过程，让学生理论联系实际，提高学生实践动手能力。最后，它所运用到的综合评估思维、失效分析思维

与方法与现实中材料专业工程师的岗位要求非常接近。

1.3 项目组成

该项目是为材料科学与工程系的四年级学生所设计，综合了材料的四要素，其涉及机械设计基础、材料科学基础、工程材料学、材料力学行为、材料分析测试等课程。

1.4 项目说明和范围

该练习的第一部分是根据构件的使用要求初步选定适用材料，制定热处理工艺和加工工序。学生需运用课堂中所学到的选材原则，轴类构件的热处理制度和加工制度。根据相关工艺采用相同材料进行热处理，并观察组织和力学性能。练习的第二部分，学生分析结果调整并选定材料、加工工序、热处理工艺，制备轴类零件。最后，根据实验结果，学生评估轴类零件的制备工艺的合理性。

1.5 学习活动和任务

- ① 根据构件应用背景，结合工程材料相关知识进行初步选材；
- ② 通过实验选取合适的热处理工艺；
- ③ 确定合适的加工工艺、工序及后处理工艺；
- ④ 开展性能测试和组织结构分析，对选材方案进行评估；
- ⑤ 根据实验结果，对选材、热处理及加工方案进行优化；
- ⑥ 综合分析结果，给出分析评估报告；

2. 学习目标

2.1 技术目标

- ① 熟悉金属构件的选材依据；
- ② 了解从选材到热处理、加工的构件产生程序；
- ③ 掌握常见中碳钢及合金钢的热处理工艺对其组织结构和性能的影响规律；
- ④ 训练选材中的综合评估思维；
- ⑤ 熟悉金属构件常见的加工成型方法；
- ⑥ 学会常用组织结构分析表征方法。

2.2 能力目标（对应专业培养标准中的能力目标）

2.4.1 记忆并理解材料的结构、材料的演变、材料的性质、材料的加工和材料的工程应用等方面的知识

2.4.2 熟悉材料科学与工程领域某一方面的专业知识

4.1.2 能够运用材料科学与工程四面体对不同材料的成分、结构、加工工艺、性能、使用效能进行归纳总结

5.1.1 理解实验设计的方法，并用于设计合理的实验方案

5.1.2 理解并能应用材料科学与工程实验的一般方法和流程，能够独立开展或在其他人员的辅助下为主开展实验

5.2.2 能够运用材料知识对实验数据进行解释，但解释正确与否不作为毕业要求



5.3.1 能够根据分析结果评价实验效果和研究结果

5.3.2 能够根据实验结果改进实验方案

6.1.1 能够在材料工程实践中运用物理、化学、力学、机械、电工电子实验方法

6.2.1 能够评估不同工具的优缺点，并正确选择合适工具

9.1.1 具有良好的大局意识和协作精神，能够在团队中发挥积极作用

9.1.2 执行团队基本规定：实施有效交流（聆听、合作、提供和接受信息）

3. 团队组织及管理

3.1 组团规模

- 每组3名学生

3.2 组团组织

- 由各组自行决定

3.3 组团管理

- 由各组自行决定

3.4 组团数量

- 根据班中学生数而定

4. 给学生的注释

4.1 项目讲义

- 附录 3

5. 给教师的注释

5.1 教师指南

- 不适用

6. 评估

6.1 总结所用方法、工具

- 不适用

6.2 总结评估

总结评估是如何融于学习活动和任务之中的评判学生作品、制作过程及表现的标准

- 附录3
- 6.3 反馈方法
- 不适用

6.4 书写评估

- 附录3

6.5 口头评估

- 不适用

6.6 同组者评估

- 不适用

7. 资源

7.1 预算

- 7.1.1 重复性开支

7.1.2 非重复性开支

7.2 材料

7.2.1 材料清单

- 钢材：普通中碳钢及中碳合金钢
- 淬火油
- 水
- 镶样粉

7.2.2 设备

- 热处理炉
- 常用机加工设备
- 力学性能测试仪：拉伸试验机、硬度仪等
- 显微分析设备：切割机、镶样机、抛光机、体视显微镜、扫描电镜（带能谱附件）

7.3 人员配置

7.3.1 教职人员

- 教师

7.3.2 技术人员

- 实验室管理员

7.3.3 其他人员

7.4 空间

7.4.1 设计

- 为每个队提供桌子

7.4.2 建造

- 为每个队提供桌子

7.4.3 储存

- 原材料、加工半成品、构件、分析用试样等需要储物柜存放

7.4.5 操作

- 一片很大的开放空间(仅在学生活动时需要)

7.5 软件资源

- 微软word软件
- Origin软件
- Edupack软件

8. 安全及危险控制

8.1 有毒材料

- 不适用

8.2 设备

8.2.1 电器

- 热处理炉、镶样机、显微镜等

8.2.2 机械设备

- 机加工设备、切割机等

8.2.3 手持、辅助工具

- 手锯

8.3 操作安全

- ① 热处理时注意穿戴必要的高温防护服/防具，防止烫伤；
- ② 机加工和制样时注意佩戴安全眼镜，防止加工碎屑飞出造成的戳或割伤；

8.4 政策或规章制度

8.4.1 政府层面

- 不适用

8.4.2 学校层面

- 不适用

9.变化

很多项目在设计要求或项目细节上允许有所变化，可以让教职员根据现有资源进行调整(时间、场地、资金)，增加或减少涉及的范围，或随年份对项目进行微调之前未曾用到。

10. 附录

10.1 多媒体

10.2 其它资源

10.2.1 宣讲材料

10.2.2 链接

10.2.3 文章

10.2.4 文献



