2022年招生计划

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1.博士论文研究方向： 基于多维约束的机器人精密磨抛及减材机理

选题类别：■基础性研究　□应用性研究　□工程技术攻关研究
□新开辟的研究方向　□已有研究方向的继续　□其他

2.博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

(1) 研究背景与意义

绿色再制造是实现国家生态文明建设和循环经济的重要抓手，智能机器人是实现高端再制造、智能再制造的重要支撑。国家高度重视“绿色再制造”和“智能机器人”的规范发展和创新发展，加速推进绿色再制造和智能机器人上下游产业的发展。航空发动机作为工业界的明珠，其制造和维修水平代表国家的工业水平，由于航空发动机损伤部件（构件）再制造机器人是集人工智能、无损检测、视觉感知、智能控制、金属材料、增减材制造、专家系统等多学科多领域于一体的智能制造系统，核心技术对我国长期封锁，成为亟待解决的制约我国航空维修领域发展的“卡脖子”技术。因此，开展航空发动机损伤部件（构件）再制造机器人系统基础理论和关键技术研究，将显著提升国家在再制造和机器人产业的核心竞争力。深入研究航空发动机高温合金损伤叶片再制造机器人基础理论与关键技术，攻克叶片修复所涉及的科学与技术问题，对提高叶片再制造技术的智能化水平具有重大意义。

(2) 主要研究内容

1）多维约束条件下磨抛轨迹多目标优化方法

采用声发射技术结合热-力-组织多场耦合模拟仿真方法，分析机器人等离子脉冲焊接修复熔池凝固过程中的材料组织性能演变规律、热应力与相变应力的作用关系，阐明翘曲变形及开裂等常见缺陷与散热状态、堆积策略、机械约束等成形条件的关联关系，并结合材料属性、结构特点、工艺策略等，揭示变形、开裂等典型缺陷的产生机理；采用数值模拟和工艺试验相结合的方法，研究熔池宽度、熔池深度等特征参量与热输入和冷却方式之间的对应关系，并结合预变形设计与控制，实现基板翘曲变形的抑制；通过对电流、送丝速率、熔覆速度、熔覆距离的控制，实现对变截面焊接区域热输入的精准控制。

2）固结与柔性磨具材料去除机理与协同策略

基于单颗磨粒切削理论、赫兹接触理论、Preston 方程分析磨抛工具材料去除廓形、深度与法向磨抛力、磨具半径、磨具转速等工艺参数之间关系，建立叶片表面材料去除模型；基于材料去除模型考虑磨具位移量、材料变形量、进给速度建立刚性及柔性动力学模型；研究刚性、柔性磨具的结构刚度、磨料种类、磨具转速等参数对精度、表面质量的影响规律；基于数据驱动理论建立叶片结构特征、磨具类型、加工工艺与修复后表面间映射关系模型，并采用单因素实验法进行验证；构建磨抛效率、精度与表面质量合理权重分配的多目标优化函数，分析不同磨抛方式组合工艺叶片表面材料去除模型，建立工件-工具-工艺最优匹配方法，形成刚性磨具与柔性磨具高效协同精密磨抛策略。

3）机器人磨抛过程力-位协同控制机理

基于时间、空间、载荷、效率等多维约束条件分析航空发动机叶片精密磨抛加工叶片成形质量影响因素，分析现有航空发动机叶片载荷感知和位姿获取策略缺陷，搭建基于坐标转换理论的多传感器信息采集系统；采用基于自适应神经网络算法实现外界环境干扰补偿；采用重力补偿矩阵进行重力补偿，消除工具自身重力和惯性力的影响；采用径向神经网络方法，消除因安装误差和温度变化引起的零点漂移误差，建立信号采集补偿修正系统；采用控制变量法和单因素实验法研究解耦正交磨抛运动力空间和磨抛运动位置空间中磨抛末端执行器力-位关系，建立执行器力-位映射模型，揭示航空发动机叶片磨抛控制系统力-位协同控制机理。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

研究经费由今年申请的国家自然科学基金重点项目“航空发动机构件（部件）再制造机器人关键技术基础理论研究”或发展基金支持。