

2020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： 高速飞刀铣削中流致振动及其对加工表面微观形貌的影响机理研究 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 本项目针对飞刀铣削加工表面微观形貌的形成机理问题，开展空气静压主轴流体-温度-结构多场耦合建模技术研究，揭示超精密加工过程中流致振动现象的形成机制，通过机床的优化设计，实现对加工表面微观形貌的控制。 1、空气静压主轴的流体-温度-结构多场耦合建模与动态特性分析 超精密加工机床动态特性分析是研究其自激振动和受迫振动的基础，而空气静压主轴是决定超精密飞刀切削机床动态特性的主要因素之一。本项目首先基于有限单元法和有限体积法建立超精密机床空气静压主轴的数值分析模型，综合分析流体-温度-结构多场耦合作用下空气静压轴承动态特性的演变规律，从而实现对超精密机床动态特性的准确建模和计算。具体研究内容如下： 1) 空气静压主轴的流体-温度-结构多场耦合分析建模技术研究； 2) 多场耦合作用下空气静压主轴的静态特性分析与设计方法研究； 3) 多场耦合作用下空气静压主轴的动态特性分析及其演变规律研究； 4) 超精密飞刀铣削机床的整体建模与动态特性分析。 2、空气静压主轴结构流致振动及其对刀尖动态误差的影响规律研究 高压气体通过小孔流入并形成气膜，由于在小孔出口处存在气腔容积的突然扩大，流体产生紊流。空气静压轴承内存在的紊流现象导致气腔压力的高频波动，从而使得主轴系统产生受迫振动。本项目基于流体动力学的大涡理论建立空气静压轴承的三维流体场和结构的耦合模型，研究气腔内空气紊流运动规律及其所导致的主轴受迫振动对刀尖动态响应的影响规律，具体研究内容如下： 1) 基于流体动力学大涡理论的空气静压轴承三维流体场建模； 2) 空气静压轴承三维流体场的时间和空间演变规律研究； 3) 空气静压主轴结构参数和流体参数对主轴结构流致针对的影响规律研究。 3、大飞刀盘高速切削空气动力学特性引起的流致振动及其对刀尖动态误差的影响规律研究 KDP晶体飞刀切削过程中大飞刀盘高速切削具有线速度高和断续切削的特点，高速运动的刀具在工件上切入和切出时，导致周围的流体场产生剧烈扰动，是超精密机床的一个不可忽略的激励源。本项目基于流体动力学建立飞刀切削过程中刀具、工件和空气环境系统的流体-结构耦合模型；研究飞刀切削过程中切削系统的空气动力学瞬态行为，及其对刀尖动态误差的影响规律，具体研究内容如下： 1) 大飞刀盘高速旋转加工过程的三维流体场分析模型的建立； 2) 大飞刀盘高速旋转加工过程的空气动力学特性分析； 3) 结构参数和工艺参数对空气动力学性能及其结构流致振动的影响规律研究。 4、超精密飞刀铣削加工表面微观形貌预测与优化设计方法研究 超精密加工机床的动态特性及其切削过程的动态响应是加工表面微观形貌的主要影响因素，因此超精密机床动态特性的设计和实现一直是设计领域的研究热点。本项目在超精密飞刀切削加工表面微观形貌形成机理研究基础上，基于机械系统优化设计方法，实现超精密机床动态特性及其响应的优化设计，对各类动态误差进行有效抑制和控制，提高加工表面精度。具体研究内容如下： 1) 超精密加工机床动态特性与加工表面微观形貌误差的映射规律研究； 2) 结构流致振动与切削力耦合作用下超精密飞刀铣削机床的动态响应及其对加工表面微观形貌误差的影响规律研究。 3) 基于加工工艺参数和结构流致振动的、面向加工表面全周期误差控制的机床动态特性优化设计研究； 4) 基于空气动力学特性的大飞刀盘及刀架的拓扑优化设计研究。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家自然科学基金重点项目：高能激光系统超洁净制造关键基础科学问题研究，51535003。

2020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： 生物3D精密制造与控制技术

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

生物组织3D成形的难题在于：一是寻找合适的凝胶材料，实现材料和细胞高度融合；二是研制符合生物要求的高性能3D成形设备，将材料和细胞包裹起来打印成型；三是组织打印成型后，如何对细胞输送营养，实现体外培养，使得独立的细胞个体融合成有功能的组织。本项目的主要研究内容是高性能3D成形设备，以实现包裹细胞的高粘弹性生物材料的高精度打印成形。

1、生物组织3D成形机理研究

具体研究内容如下：

1) 高粘弹性生物材料的特性分析与打印工艺研究。针对高粘弹性生物材料的打印过程进行流体动力学分析，研究打印过程中材料特性与打印成形精度之间的关系，优化设计高粘弹性生物材料的打印工艺。

2) 研究打印过程中的细胞损伤机制。在生物打印的过程中，由于不同原因细胞会或多或少受到损伤，生物材料在挤出喷头的过程中细胞会受到剪切力，导致细胞存活率降低。通过流体力学来研究打印内应力和粘滞力，来深入研究生物打印中的细胞损伤机制，用于指导生物打印的发展。

2、生物组织3D成形的误差控制技术研究

具体研究内容如下：

1) 开发多尺度、多材料和多细胞的打印装置。打印机本身的制造和装配精度以及工作过程中的振动都会影响其打印精度。3D 打印机由打印平台，三轴运动系统和打印喷头组成，喷头的运动定位精度和重复定位精度以及 Z 轴的运动定位精度误差和重复定位精度误差对产品的成型精度有很大影响，本项目将研究实现定位精度达到1 μm 的方法。

2) 研究高粘弹性生物材料的3D打印工艺参数。包括打印温度，如挤出头加热温度和热床温度；喷嘴直径，决定挤出丝的宽度，进而影响成品精细程度；层厚，由于3D打印的材料是一层一层铺起来的，故层厚的设置同样也会影响制品的粗糙度；打印速度与挤出速度，3D打印是一个打印速度与挤出速度相互配合的过程，二者需要合理匹配才能达到打印要求；冷却速度，3D打印是一个连续的过程，完成一层之后即打印下一层，而桌面3D打印机的制品尺寸都较小，因此在打印PLA（聚乳酸）等流动性较高的材料时必须保证前一层完全成型，后一层再开始在其上打印，避免损害制品精度。

3) 采用3D打印技术，针对高粘弹性生物材料，打印出具有形状尺寸可控的复杂结构的功能，并能够通过集成不同的打印工艺和使用更为合适的生物材料，打印不同细胞并构建细胞外基质的梯度环境。

3、生物器官3D成形的生物环境控制技术研究

具体研究内容如下：

1) 细胞打印时所需的生物环境。细胞在打印时是与水凝胶一起打印的，为减少打印时对细胞的损伤，需对打印时打印头的温度，水凝胶的性能等进行研究。当细胞被打印在工作台上时，需对工作台的温度，湿度等生物环境进行控制，使水凝胶进行凝结成型的同时不能对细胞造成损伤。

2) 细胞的培养和传代所需生物环境。打印后的细胞需置于细胞培养箱中进行培养和传代，需对细胞培养箱的生物环境进行控制，如温度，湿度，确保气体交换等。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

机器人技术与系统国家重点实验室自主课题：生物3D精密制造与控制技术；负责人：卢礼华；经费：20万

七、招生计划申报导师确认

表中所填内容经本人确认属实。

导师签字：年 月 日

八、所在单位党支部意见：

党支部书记签字：年 月 日

九、所在院（系）党委（党总支）意见：

☐ 同意申报 ☐ 不同意申报

党委（党总支）书记签字：年 月 日

十、院（系）意见

☐ 同意招生计划，且建议给予 个博士生招生名额

☐ 不同意招生计划

其他需要特殊说明事项：

院长（系主任）签字：年 月 日

十一、研究生院审核备案意见

负责人签字（盖章）：年 月 日