

2019年招生计划
三、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： 二维超声振动与切削力实时感知复合式智能刀具系统 选题类别： <input checked="" type="checkbox"/> 基础性研究 <input type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input checked="" type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 智能制造是未来制造业发展的重要方向，而切削加工过程实时监测是实现智能制造的基础，因此作为制造过程中的重要环节——切削刀具，也将向智能化方向发展。同时，为了提高金刚石刀具超精密切削加工能力，提高表面质量、减小刀具磨损、延长刀具的使用寿命，需要赋予智能切削刀具系统更多的功能，例如，针对硬脆材料的超精密切削加工，采用超声振动辅助加工可以极大地提高加工质量与刀具寿命。为此，需要突破现有刀具被动使役加工的设计理念，强调刀具使役的主动性、精确性和智能化，开展新一代智能刀具技术的研究。新一代智能刀具应具备切削过程的自主深度感知功能与振动辅助加工能力，在实现振动辅助加工的同时，还可以自主实现温度、振动、切削力、以及刀具磨损与破损的检测功能。 切削加工作为机械零件制造最主要的方法，切削加工过程的状态，包括切削力、切削温度、切削振动、刀具磨损和失效等，直接影响加工精度、加工效率，表面质量和刀具的寿命。研究表明，数控系统配置刀具监控仪后可减少故障停机时间的75%，提高生产率50%以上。此外，随着切削加工的高效、智能化的需求，由预先设定的工艺参数进行加工，由于缺乏加工过程的实时监测而无法考虑切削力、切削热、刀具磨损等时变因素对加工过程的影响，不能实时动态优化工艺参数，直接影响加工精度、加工过程的可靠性与零件质量的一致性。为此，十分有必要在数控机床上建立切削加工过程的实时监测系统，对切削力、切削热等物理量进行实时感知，以满足自动化切削加工中状态监控、自适应控制和最优控制的需求。因此，开展加工过程实时监测技术的研究是十分必要的。 基于此，本项目提出具有微小切削力实时监测和超声振动加工功能的智能切削刀具，该智能切削刀具具有高度集成化、实用化、小型化和高可靠性特点。本项目通过对智能切削刀具系统的设计和相关研究，达到超精密切削过程实时监测要求和实现稳定的超声振动加工的能力。本项目期望通过全新的刀具设计和刀具制造技术实现新一代面向高端智能制造的刀具技术革新，为实现高效稳定可控的超精密智能制造奠定基础。 该课题的研究内容主要包括： 1. 超声振动感知式智能切削刀具的工作原理 2. 超声振动感知式智能切削刀具的结构设计 3. 刀具振子的振动特性与参数设计 4. 超声振动感知式智能切削刀具的特性测试与切削实验
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家自然科学基金项目

三、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： 微结构功能表面设计-加工-检测一体化方法研究

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

微结构表面是提升机械产品/零部件功能的重要技术手段，是特征尺寸在1-100微米量级、具有特定功能的微小拓扑形状表面，如微沟槽阵列、微坑阵列、微金字塔阵列结构等。这些微结构表面通常分布于10-1000毫米量级的跨尺度机械表面上，能够改变机械零件表面摩擦、润滑、粘附、耐磨性及流体力学性能等物理特性，从而显著提高机械产品和功能零部件的功能特性，包括：运行效率、能耗、润滑密封、工作噪声、节材轻量化、使役寿命等。

微结构功能表面通常具有跨尺度三维复杂几何特征，这给微结构的设计、加工和检测都提出了较高的要求。首先，目前为止对微结构的认识和设计主要基于仿生学，具有一定的局限性。因此需要对微结构表面复杂几何特征与界面作用效应建立科学的解析关系，从而实现微结构功能表面几何特征的设计。其次，微结构功能表面具有较大的深宽比、几何特征复杂突变等特点，制造过程中会产生尺寸效应、时变刚度、加工精度非均一性等新的力学、物理现象，为此需要研究微结构的加工工艺，以提高微结构的加工质量、保证高精度的三维形貌。与此同时，现有的测量方法难以检测微结构功能表面的复杂几何特征与形貌，需要提出新的测量方法以实现微结构表面的高效精确检测。所以本课题开展微结构功能表面的“设计-加工-检测”一体化方法的研究，具有重要的学术意义和应用价值。

主要包括以下研究内容：

（1）微结构几何特征与功能特性的复杂物理关系

微结构表面几何特征和界面力学效应影响表面的功能特性，需要依据功能特性对微结构表面几何特征（构型、尺寸、形状、位置、分布密度等）与界面力学效应的复杂关系进行物理解析，探索微结构功能表面的界面物理描述与作用机理，提出微结构功能表面几何特征与布局的创新设计方法。

（2）微结构超精密切削机理

微结构表面超精密加工具有微纳特征、几何特征突变与加工中时变刚度耦合等特点，其表面切削机理的科学解析是一个全新的问题。需要对微结构超精密切削材料去除机制、加工缺陷形成及抑制措施、表面完整性保障条件、工艺仿真及验证等进行综合研究，建立微结构表面超精密切削机理的完整体系。

（3）复杂几何特征与表面功能性的测试与评定

微结构表面具有阵列性、非平坦化、跨尺度等复杂特征，传统的检测方法已不能满足微结构表面的测量要求。因此，需要针对微结构表面的复杂几何特征与表面功能性提出新的测量方法，实现对微结构表面的加工精度和物理功能进行综合评定。微结构表面几何与功能特征的测试与评定是实现“设计-加工-检测”超精密制造体系的重要环节。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目、重点实验室开放课题