

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： 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 近年来，随着航空航天、生物工程、微电子工业及光学工程等民用工业和国防科技领域中尖端产业的快速发展，微结构表面愈加显示出重要的科学价值和广阔的应用前景。微结构表面所用材料各异、拓扑结构复杂且精度要求高，因此对其加工技术提出了很高的要求，尤其是随着玻璃、硬质合金和工程陶瓷等硬脆材料在微结构表面上的广泛应用，其加工精度、加工效率与实际需求之间的矛盾更是日益凸显。对于硬脆材料，超精密磨削技术是当前制造硬脆微结构表面最行之有效的加工方法。但随着不断的深入探索，特别是随着硬脆微结构表面拓扑结构多样性的发展和对其高效率批量化生产需求的增长，在其超精密加工上愈加凸显出了以下两个主要制约因素：1. 砂轮极易磨损导致面形精度损失；2. 磨削路径过长导致加工效率降低。因此，极有必要开展硬脆微结构表面的超精密磨削加工新技术研究，以解决现有硬脆微结构表面加工过程中存在的砂轮极易磨损和磨削路径过长等主要问题，从而实现硬脆微结构表面的高精度和高效率加工。本选题将开展基于跨尺度结构化 CVD 金刚石砂轮的硬脆微结构表面超精密磨削加工技术研究，凭借 CVD 金刚石磨料层的卓越耐磨性以解决磨削工具的严重磨损问题，并借助在砂轮表面制造微米级结构阵列以改善 CVD 金刚石砂轮的磨削性能，同时藉由在微结构化后的砂轮表面叠加毫米级宏观结构以缩短加工硬脆微结构表面时的磨削路径，从而实现硬脆微结构表面的高精度和高效率制造。 主要包括以下四个研究内容： 1）CVD 金刚石砂轮表面的跨尺度结构化皮秒脉冲激光加工：基于超短脉冲激光烧蚀理论和 CVD 金刚石的热物理特性，结合皮秒脉冲激光烧蚀基础实验，构建 CVD 金刚石砂轮跨尺度结构表面的皮秒脉冲激光烧蚀模型；研究皮秒脉冲激光烧蚀过程中多种工艺因素对 CVD 金刚石表面结构加工质量及亚表层损伤的影响规律，实现其表面跨尺度三维结构的高效精细加工；并利用非接触检测技术和统计学方法建立适用于跨尺度结构化 CVD 金刚石砂轮的在位表征方法，反馈优化其皮秒脉冲激光加工工艺。 2）跨尺度结构化 CVD 金刚石砂轮作用下的硬脆材料磨削机理研究：从分析 CVD 金刚石表面跨尺度结构与工件材料（Al2O3 陶瓷和 SiC 陶瓷）间的交互作用机制入手，开展旋转刻划实验；建立 FLUENT 仿真分析模型，研究跨尺度宏微结构耦合作用下的砂轮表面磨削液流场；利用 ABAQUS 有限元仿真，探求跨尺度结构化 CVD 金刚石砂轮在磨削硬脆微结构表面过程中的材料去除机制，从而揭示其磨削机理。 3）基于跨尺度结构化 CVD 金刚石砂轮的硬脆微结构表面超精密磨削工艺研究：研究 CVD 金刚石砂轮的表面跨尺度结构（包括毫米级宏观结构特征和微米级微观结构特征）与磨削后硬脆微结构表面的表面粗糙度、面形精度和亚表层损伤等表面完整性参数之间的关联机制；并根据目标微结构表面的几何结构提出 CVD 金刚石砂轮跨尺度结构表面的逆向设计方法和磨削路径规划方案，优化硬脆微结构表面的超精密磨削工艺。 4）跨尺度结构化 CVD 金刚石砂轮的磨损在线监测及在位激光锐化：通过砂轮磨损实验，研究跨尺度结构化 CVD 金刚石砂轮在磨削过程中的表面形貌演变机制，确定其失效形式，并建立基于声发射信号的砂轮磨损在线监测方案；通过分析 CVD 金刚石在皮秒脉冲激光辐射下诱导表层微破碎而形成的微磨刃形貌特征，研究 CVD 金刚石砂轮的激光锐化机理，并优化其工艺路线，实现其磨损后的在位激光锐化，从而延长其使用寿命。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况
本选题来源于国家自然科学基金面上项目，经费 59 万。