

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：	针对超硬材料的超光滑表面制备难题，研究碳化硅金刚石切削脆塑转变机理及其与加工表面形成的关联机制。	
选题类别：	<input checked="" type="checkbox"/> 基础性研究	<input checked="" type="checkbox"/> 应用性研究
	<input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向	<input type="checkbox"/> 已有研究方向的继续
		<input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究
		<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		
<p>(1) 选题背景及意义：</p> <p>碳化硅是一种典型的硬脆材料，因其优异性能在航空航天等领域具有重要应用。为了达到在空间光学中应用所要求的使用性能，通常要求碳化硅加工表面具有镜面光洁度，这对碳化硅的精加工提出了极高的要求。金刚石切削加工技术已被证实为获得脆性材料镜面光洁度的一种高效高精度超精密加工手段。由于单点金刚石切削加工在制备碳化硅反射镜过程中展现出了众多优点，国内外学者对此开展了大量的实验和理论研究，成为当前国际研究的前沿和热点。由于碳化硅是仅次于金刚石和立方氮化硼的超硬脆性材料，在切削过程中主要以脆性破坏等方式实现材料去除，并且刀具会产生严重的磨损，这些都极大地降低了碳化硅的加工性能，加工表面质量较差，严重地阻碍了这种加工技术的应用。因此，研究碳化硅的金刚石切削加工机理，提高和完善切削加工工艺，对于降低其加工成本、提高加工表面质量具有非常重要的意义。</p> <p>脆塑转变是影响硬脆材料切削过程的一个关键因素。当切削加工以塑性方式进行时，有可能得到较好的碳化硅加工表面质量。然而，当前对于金刚石切削加工中碳化硅的脆塑转变机制尚没有得到深入理解。目前尚不清楚碳化硅材料的主导微观变形机理，例如是以断裂形式的脆性变形，还是以相变或位错形式的塑性变形，抑或是这脆性与塑性的混合？特别是对产生脆塑转变的机理与条件，以及工艺参数对脆塑转变的影响关系等缺乏系统而深入地研究。材料的微观变形方式对刀具的磨损形态、已加工表面的形貌和粗糙度起着决定性的作用。因此，研究碳化硅单点金刚石切削加工机理需要深入理解工件材料的微观结构对其机械性能和变形行为的影响，进而揭示脆塑转变机理与产生条件，及其与加工表面形貌的关系。因此，本项目结合仿真方法与实验手段研究碳化硅金刚石切削加工中的脆塑转变机制和优化切削工艺条件，从而获得高加工表面质量的碳化硅工件，对于提高碳化硅光学器件的使用精度具有重要的理论意义与实用价值。</p>		
<p>(2) 主要研究内容：</p> <p>结合仿真方法与实验手段，从以下三个方面研究碳化硅金刚石切削加工中的脆塑转变和材料去除机理：（1）结合第一性原理计算与分子动力学仿真精确研究碳化硅各相的机械性能和相变特性；（2）结合分子动力学仿真和实验研究纳米刻划中碳化硅的脆塑转变及材料去除机理；（3）结合有限元仿真与实验研究碳化硅的延性域金刚石切削加工机理，并获得碳化硅超光滑加工表面。本项目的研究将获得对应碳化硅延性域材料去除的优化材料制备参数和加工工艺参数，对于使用金刚石切削加工技术制备碳化硅超光滑表面具有重要的理论意义与实用价值。</p>		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
该选题依托国家自然科学基金中德国际合作项目“碳化硅金刚石切削加工脆塑转变和材料去除机理研究（51761135106）”，直接经费180万元，研究期限为2018.01-2020.12。本项目联合德国鲁尔大学、中国哈尔滨工业大学和天津大学、日本名古屋大学等材料与机械加工领域的多名学者，开展多学科间合作，共同完成本项目的研究工作。其中，德方已同时获批德国DFG科学基金经费40万欧元，可以共同完成本选题的研究工作。		

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：

针对精密物理实验需求的纯铜超光滑表面，研究其金刚石切削加工中表面形成与缺陷控制机理及工艺。

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) 选题背景及意义：

精密物理实验对高纯无氧多晶铜零件的质量提出了极高要求，需要采用仿真与实验手段，从表面质量控制和制造缺陷控制这两个方面深入研究纯铜高精度加工成形过程。

首先，工件材料的机械性能与变形行为对加工过程具有显著的影响。在金刚石切削加工过程中，切削深度、晶粒尺寸、刀具刃口半径等在相同数量级，其尺寸效应耦合对大应变过程中表面形成具有重要的影响。因此，需要深入理解加工过程中纯铜工件材料的表/界面微观组织演变规律，及其与加工表面物性参数如机械性能、加工缺陷和表面粗糙度的关联机制。这对仿真手段如有限元分析提出了极高要求。此外，为了验证仿真研究得到的结果，还要求在实验中结合先进的分析手段来表征加工引起的纯铜工件内部微观组织演变。其次，在纯铜切削加工中，由于晶粒之间的机械性能不一致，导致一方面前刀面-切屑之间的摩擦系数随着切削区域的变化而改变，另一方面加工表面的弹塑性回弹也会发生变化，破坏切削过程的稳定性，不利于获得加工质量长程一致的高质量加工表面。因此，不仅要求在有限元仿真中研究粘滑机理和特性，还要求在实验中监测瞬态切削变形过程中工件材料的流动特性，并结合力信号分析和声发射分析来表征工件与刀具之间的粘滑特性，并与仿真结果进行对比和验证。最后，在纯铜切削加工中，工件材料发生剪切滑移等严重的塑性变形，大部分材料以切屑形式被去除，而少量材料残留在工件表面形成了侧流，降低了加工表面质量。因此，在深入理解加工中侧流等加工缺陷形成机理的基础上，通过优化工艺参数来抑制侧流的产生。因此，通过工艺参数优化和加工技术优化有望实现加工缺陷的最小化、甚至消除加工缺陷。

(2) 主要研究内容：

首先在原子尺度下研究纯铜的机械性能和塑性，特别是研究其晶界变形行为。其次，使用纯铜机械性能和塑性的原子尺度信息，结合材料性能测试实验来建立精确描述纯铜表/界面微观变形行为的本构模型，进而建立纯铜金刚石切削加工的有限元仿真模型。随后，开展纯铜切削加工的数值仿真来研究切削加工过程中纯铜的微观组织结构变化、刀具-工件的摩擦粘滑行为、加工缺陷形成、已加工表面形成等，并研究工艺参数相关性，得到对应最优表面粗糙度和最小加工缺陷的优化工艺参数。最后，开展振动辅助切削加工实验，并基于瞬态加工过程的在位监测装置分析实时加工过程，同时验证仿真得到的优化工艺参数，最终实现表面粗糙度优于20nm的纯铜交叉圆柱零件的高精度加工。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托国防基础科研核科学挑战专题“铜质微尺寸交叉圆柱零件微切削加工机理与工艺（TZ. 0006）”，课题经费200万元，研究期限为2018. 01-2021. 12。本项目与中国工程物理研究院激光聚变研究中心合作研究，对方单位可以提供相应的经费来共同成本选题的研究工作。