

1. 博士论文研究方向： 基于纳米切片法的电化学纳米电极制备及应用研究

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

目前，随着纳米材料的广泛应用，在纳米尺度上研究纳米晶的“本征”电化学性质越来越受到人们的关注。相比商业化的超微电极得到的宏微尺度纳米材料的集总信息，基于纳米线的纳米电极可以得到单颗粒纳米材料的纳观信息。然而，采用纳米线制备电化学纳米电极及其应用的研究工作较少，利用纳米线制备电化学纳米电极过程还不成熟。由于纳米线的尺寸小，在转移、封装、抛光的过程中极易产生破坏，如何将加工得到的不同尺寸纳米线转移到基底指定位置，如何保证纳米线在封装后的完整性、纳米电极无渗液和漏液的现象等依然是目前亟需解决的问题。目前，利用纳米切片技术制备得到的单线纳米电极只进行了验证性实验，关于集成到纳米精度扫描定位装置上开展进一步应用还未见相关报道。此外，阵列纳米电极的制备也未有相关研究报道，其不仅保留了单线纳米电极的检测特性，还能获得较大的电流信号，有望使用常规的电化学仪器就可对其进行检测，大大拓宽了其应用范围。

因此，本课题在以毫米长度纳米线为加工对象，解决采用纳米切片法制备纳米线的特征尺寸、内部缺陷、连续性不可控等问题，继续深入开展单线及阵列纳米电极的制备及其与纳米精度扫描定位装置集成研究：采用理论分析结合实验的手段研究采用直线刃金刚石切片刀切削纳米薄膜材料形成纳米线过程中的材料加工机理；搭建纳米线的力学和电学测试平台，研究纳米线材料性质、切削参数对其弹性模量、屈服强度以及电阻率的影响规律；制备单线、阵列纳米电极并进行电化学检测，研究纳米线材料性质、尺寸、制备工艺与纳米电极检测精度及灵敏度的最优对应关系；将制备得到的纳米电极集成到自制的扫描定位装置上进行电化学检测实验，验证所制备的纳米电极的电化学检测性能，为获得纳米空间分辨的电化学反应动力学信息提供技术支持。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金优秀青年科学基金

1. 博士论文研究方向： 金属基增强复合材料薄壁结构加工工艺及应用研究

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

如今零件的小型化、轻薄化在航空航天、精密仪器、通讯、生物医学等领域的发展趋势越来越显著，高深宽比（薄壁）结构是该类微型零件的典型特征，具有该结构在微型零件如微电极、微流体装置、微型燃料电池、微型模具等在诸多领域占据着不可取代的地位。目前的微型薄壁零件多使用铝合金、钛合金或铜合金等材料，而颗粒增强金属基复合材料相比它们有更具优势的低密度、高比刚度、低热膨胀、耐磨和耐腐蚀等性能，在生产制造薄壁零件方面具有巨大的发展潜力。微铣削作为重要的精密和超精密加工方法，其高精度、低成本、高效率以及能加工复杂结构的特点成为对于具有高精度和复杂结构要求的小型薄壁零件的重要加工方式，而颗粒增强金属基复合材料的特殊材料特性使得其可加工性更差，加工机理更为复杂，加工质量也更难控制。存在刀具磨损严重、表面缺陷多以及加工一致性差等问题，尤其是薄壁零件加工易变形、振动且颗粒周围及附近应力分布不均匀等问题易造成应力集中，产生裂纹和崩角等损伤。当前对于颗粒增强金属基复合材料加工的研究多针对材料本身的加工表面质量、去除方式以及加工工艺参数的研究，针对小型薄壁零件的微铣削加工的相关研究很少。 针对上述研究现状，本课题的主要研究内容如下。首先，基于有限元仿真技术和微铣削加工实验研究颗粒增强金属基复合材料在微切削下的微观材料去除规律以及表面缺陷形成机制，为加工工艺优化提供理论指导；开展颗粒增强金属基复合材料微铣削表面质量工艺试验，研究典型切削参数（轴向切深 a_p 、径向切深 a_e 、主轴转速 n 和每齿进给量 f_z ）等对薄壁底部毛刺以及侧壁表面粗糙度的影响，并对工艺参数进行优选，提高颗粒增强金属基复合材料薄壁表面质量；研究微铣削加工参数对颗粒增强金属基复合材料薄壁变形的影响规律，优化工艺参数，改善微铣削薄壁变形问题，采用多目标优化方法进一步优化加工参数，并验证优化结果，加工出顶部毛刺少、侧壁粗糙度低、变形小的高质量颗粒增强金属基复合材料薄壁结构。基于上述研究结果，以典型微小叶轮自由曲面薄壁件为典型结构，验证研究成果在相关领域的应用。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

青年科学家工作室项目、基础研究院所稳定支持经费