

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： 耦合颤振因素的叶片侧铣变形建模及实时抑制方法

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

叶片因其特有的形貌特征及流体力学性能，被广泛应用于航空航天、能源、汽车、工程机械等领域。在航空发动机中，大量的核心零部件均由叶片类零件组成，并且要求此类零件必须具有足够优异的性能以满足各种复杂工况。在实际生产中，叶片类零件的成型方式大多采用多轴数控铣削加工。这种加工方法不仅具有柔性好、准备周期短、生产效率高等特点，还能保证材料内部组织结构不被破坏，使材料发挥出最佳使用性能。但由于叶片壁薄、刚度较低，导致其在铣削过程中极易产生切削颤振。颤振不仅直接影响工件的表面质量，还会加快刀具磨损、带来噪声干扰以及不稳定的切削过程，使废品率上升，严重时会影响企业的生产任务和经济效益。除了上述制约因素外，叶片在加工过程中还容易受到切削力及颤振等因素的综合作用而产生较大的切削变形，进而导致工件的加工精度下降。因此，在薄壁叶片铣削过程中急需解决两个重要的问题：

（1）对颤振的发生进行辨识与预报，并在颤振临界发生状态下对其实施抑制，保证切削过程始终处于稳定状态，提高叶片的表面质量；

（2）对耦合颤振因素的切削变形进行有效的抑制，保证加工精度。

为有效抑制叶片侧铣颤振和变形，博士论文拟通过分析颤振与变形的产生机理及相互作用机制，建立耦合颤振因素的切削变形解析模型，实现对叶片切削区域内变形量的智能预测。结合变形解析模型及切削过程仿真建立切削力、切削参数、切削变形间的数值模型，提出基于切削参数实时调整的颤振与变形抑制算法。并将颤振、变形抑制算法作为独立线程集成于开放式数控系统的实时运行模块，实现耦合颤振的叶片侧铣变形实时抑制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家数控专项，“重型数控机床精度共性技术研究与应用”

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： 热塑性自动铺丝缺陷多尺度行为特性及演变机制

- 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

纤维增强复合材料不仅轻质高强、性能可设计，而且易于一体化制造大型整体构件，在减重、抗疲劳、耐腐蚀、可靠性与维修性等方面大大优于传统金属材料，在航空航天、交通运输、能源和国防等领域应用越来越广泛，在国家重大工程中的作用越来越突出。

自动丝束铺放成型技术加工的对象主要为连续纤维增强树脂基复合材料，根据树脂基体热行为的不同，这类材料又分为热固性复合材料和热塑性复合材料。热固性自动铺丝复合材料由于工艺相对成熟、制品性能稳定等优点，已广泛用于飞机承力结构件的成型，如：飞机机翼、机身、进气道等重要承力部件的成型。热固性树脂固化时分子链发生不可逆的交联固化反应，为了保证制品固化质量，铺放后的构件一般要进入热压罐固化成型。热固性复合材料还有废弃物难回收、环境友好性差等问题。与热固性树脂基复合材料相比，热塑性复合材料具有高韧性、高冲击性和损伤容限、无限预浸料储存周期、成型周期短、生产效率高、易修复、废品可回收利用等众多优点。成型时，只需加热到热塑性树脂软化或熔融，冷却后即为己固化成品，这种状态可多次反复而始终具有物理可塑性。与热固性复合材料的自动铺丝技术相比，由于其在自动铺放的过程中，加热设备可以完成在线原位固化过程，节省了后期热压罐固化过程，不但降低成本，还将大大提高生产效率。同时，热塑性复合材料具有良好的焊接性、抗冲击韧性、可循环性、抗化学腐蚀性等优点。

热塑性自动铺丝技术使得复杂型面的复合材料构件的铺放-原位固化一步法制备成为可能，且具有生产率高、成本低、产生废料少、可循环利用等特点，越来越受到关注。但由于其工艺过程复杂，会引入潜在的制造缺陷。成型过程中材料本身属性、内部应力变化、工艺不合理等因素将导致制造缺陷的产生，如孔隙、裂纹、分层、重叠、间隙、褶皱等。其中，孔隙、裂纹、分层是自动铺丝热塑性复合材料的重要缺陷形式，其显著影响铺丝质量和制品的服役性能。

铺放成型过程中预浸丝和已成型的层合结构受到多重工艺和外载的持续影响，导致制造缺陷从微观萌生、生长、扩展、汇合等行为发生，并逐步演变成宏观尺度上的缺陷，这一过程涉及多个时空尺度。博士论文拟针对热塑性自动铺丝缺陷生成及演变的多尺度特性，以缺陷的多尺度演变机制为研究主线，通过分析气泡的非线性动力学流变行为，并融合复合材料宏观有限元理论和铺丝过程中应力的动态特性，揭示孔隙、裂纹、分层缺陷的宏观生成与演变机制；基于多尺度理论和复合材料力学，提出多尺度能量传递模型，建立宏观与微观尺度下的能量沟通机制；运用分子动力学方法，构建预浸丝及其缺陷的微观分子模型，分析缺陷生成和演变对微观力学参数的响应特性，探究微缺陷的生成和演变特征。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家数控专项，“航空复合材料构件自动铺丝头设备开发及应用”