2021 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

(1) 研究背景与意义

SiC/SiC 陶瓷基复合材料增材制造坯料具有高韧性、可塑性，成型后具有高硬度、耐磨、耐热和抗氧化等优异机械特性，可进一步实现陶瓷增强相与陶瓷基体相之间的优势互补，在航空航天、核能、汽车、石油化工、微电子等多个领域得以广泛应用。目前 SiC/SiC 陶瓷基复合材料制备方法主要有化学气相渗透法(CVI)、熔融硅浸渗法(LSI)以及聚合物浸渍裂解法(PIP)等，然而，这些工艺制备的陶瓷零件仍存在缺陷，如复杂结构成型困难成本高、低密度、高孔隙率和非均质性造成的机械性能差等问题。

磁场辅助加工是一种先进的无接触式外能场辅助加工方式。近年来，已经广泛地应用在铸造、焊接和激光加工等领域。研究表明，在金属凝固的过程中施加稳恒磁场对组织的影响主要表现为抑制等轴晶和促进柱状晶的生长。其影响机理主要为：一是电磁制动效应，导电熔体在施加的稳恒磁场中做切割磁感线运动，产生与熔体的运动方向相反的洛伦兹力抑制了熔池中熔体的对流。抑制对流会造成熔体传热变慢，冷却速度下降，为柱状晶的生长提供了优质的条件。二是热电磁流体效应，固液界面由于温度梯度差别较大而存在着热电势差，电势差导致的熔体流动形成内部电流在磁场的作用下了产生洛伦兹力来驱动流体运动。磁场产生的这两种效应在金属凝固过程中相互制约，影响着组织生长。磁场辅助加工可为陶瓷基复合材料的增材制造提供新途径。综上所述，交变磁场辅助加工应用于金属/陶瓷凝固过程中具有显著地细化晶粒，促使组织均匀化，提供预制各向异性能力从而提升其机械性能，具有重要的研究意义与应用价值。

(2) 拟研究内容

a) 基于麦克斯韦电磁学方程组，建立磁性颗粒粉末的动力学模型，分析金属溶体在磁场中产生的效应以及金属凝固过程的形核和晶体生长机制，探讨电磁场对金属/陶瓷凝固过程的影响机制。

b) 搭建磁场产生实验装置，分析不同工艺参数下合成的 SiC 陶瓷基复合材料各项性能指标，对潜在影响因素综合分析，优化设计实验装置。

c) 采用 X 射线衍射（XRD）、扫描电子显微镜（SEM）和能谱仪（EDS）等测试仪器探究磁场作用下合成的复合材料的宏观形貌、物相、显微组织、成分组织。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1. 机器人技术与系统国家重点实验室自主课题人才类 主持 20 万
2. 工信部航发重点实验室开放基金 主持 4 万
3. 军科委基础加强计划 参与 470 万

2021 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：智能-多功能耦合超材料设计与增材制造

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) 研究背景与意义

超材料因其光学、声学、热传导、吸能耗能等方面具有巨大优势，在航空航天、生物医疗、能源动力、交通运输等领域发挥着至关重要的作用。超材料的发展受到世界各国的重点关注，美国国防部将其列为六大颠覆性技术之一，我国十三五规划纲要将超材料技术确定为国家科技战略层面需要重点发展的前沿科技领域之一，得到 863 计划、973 计划、国家自然科学基金、新材料重大专项的持续大力支持并在 2019 年成立中国超材料大会，从国家层面宏观布局规划我国超材料基础研究，推进超材料技术的重大工程应用研究。

超材料是人们对天然材料和现有材料认识、改进和利用的基础上，着手利用高新技术、装备和先进的设计方法，根据自己的意愿设计并制备可满足应用需求的超常规结构的材料，这对材料科学的发展具有重要意义，在提升航天装备和武器战技性能（如隐身性、智能响应等）等方面具有重大应用价值。增材制造技术具有制备复杂结构超结构的能力，为多材料跨尺度制造提供了研究途径。

(2) 拟研究内容

按照组成-结构-性能的通用范式和理论设计-材料制备-效能测试的研究思路，开展智能-多功能耦合超材料研究，即设计基本功能微单元，采用增材制造技术构筑复杂序构，实现具有原创性性能或新功能的超材料跨尺度设计及制造。具体围绕以下三方面开展研究：

1. 开展超材料微单元性质、尺寸与能量作用的规律，揭示微单元的临界尺寸效应和单元之间的界面耦合效应及其与新功能之间的关联规律。
2. 研究超材料多功能耦合设计策略和增材制造工艺，实现轻质超材料/抗震结构、电/电磁双功能超材料复合结构、力/电磁双功能超材料、热/电磁智能超材料等多功能耦合的新型超材料结构设计制备及功能验证。
3. 开展智能超材料结构的 4D 打印制造，实现超材料在外场（热、电、磁等）激励下的编程可控调节以及能量的传输、吸收和转化等。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1. 哈工大青年拔尖人才启动经费主持 20 万
2. 军科委基础加强计划 参与 470 万