

自主创新, 勇于超越, 助力大国重器

——走进金属基复合材料国家地方联合工程实验室

Independent Innovation, Courage to Surpass, Assistance to the Pillars of a Great Power

[编者按] 金属基复合材料除了和树脂基复合材料同样具有高强度、高模量外,它能耐高温,同时不燃、不吸潮、导热导电性好、抗辐射,是令人瞩目的航空航天用高温材料,可用作飞机涡轮发动机和火箭发动机热区和超音速飞机的表面材料,高性能金属基复合材料是国家重大战略与国民经济建设迫切需求的一种工程材料。国家地方联合工程实验室是依托科研院所、高校或企业设立的研究开发实体,以推进国家创新体系建设和国家、地方两个层面创新基础能力的合理布局为目标。实施国家地方联合工程实验室建设计划是国家为进一步加强区域产业创新基础能力建设,加快促进经济发展方式转变和结构调整,促进与国家科技创新体系有机衔接的一项重要举措。金属基复合材料国家地方联合工程实验室作为国家工程研究中心与省级工程研究中心衔接的重要创新平台,是国家创新体系建设的重要组成部分,在金属基复合材料基础研究的积累和工程化应用方面发挥着重要作用。

实验室概况

金属基复合材料国家地方联合工程实验室成立于2014年,前身为“黑龙江省金属基复合材料重点实验室”,其金属基复合材料研究始于1981年,为国内最早的研究团队之一。

实验室由哈工大金属复合材料与工程研究所、哈工大金属基复合材料技术中心、齐齐哈尔翔科新材料有限公司构成,是“产、学、研”一体化的重点实验室。目前实验室拥有教授14人,副教授、高级工程师15人,工程技术人员70余人,形成了专业配套、优势互补、结构合理的科研生产队伍。迄今为止已经培养博士79名、硕士237名、本科毕业生308名,他们其中很多已经成为本单位金属基复合材料的领军人物。

实验室拥有自排气压力浸渗装备、真空/气压浸渗装备、半自动化放电等离子烧结(SPS)设备、超声波辅助搅拌铸造装备等复合材料制造的先进设备;拥有微屈服、微蠕变测试设备、材料温度循环下尺寸稳定性测试设备、磁性材料磁电功能退化测试设备等材料长期稳定性专用测试设备。

代表性成果

自“九五”以来,实验室累计完成国家级、军兵种、省部级重大项目及国家标准项目150余项,授权国家发明专利175项,发表论文750余篇,获国家技术发明二等奖1项;国家科技进步特等奖1项;获国防技术发明一等奖1项,国防科技进步一等奖2项、二等奖2项、三等奖1项;

省自然科学一等奖3项、二等奖1项。

实验室始终面向国家重大工程的迫切需求展开基础研究和应用技术攻关,突破了金属基复合材料设计、制备与工程化应用的核心关键技术,目前已经研制成功20余种不同功能、不同用途的金属基复合材料,推动了我国精密仪器、空间结构、电子信息等领域关键结构材料的更新换代。代表性的应用成果有:

(1)面向“北斗工程”星际间激光通信设备要求指向精度长期稳定的技术难题,国际上首次采用了仪表级SiC/Al复合材料主结构的技术方案,基于材料稳定化机理分析,突破复合材料组织成分精细化设计、制备、高精加工加工的难题,成功解决了高精度、减重、低频谐振、天地一致性等关键问题,实现稳定的星间高精度

通信。

(2) 面向“载人航天”重大工程的舱外航天服反光镜的空间环境适应性需求,国际上首次提出光学级SiC/Al复合材料反光镜超薄设计、无(金相)缺陷制备、稳定化处理、多层介质膜镀覆的技术方案,研制出超薄、高稳、高反射率反光镜,解决了抗擦划、抗冲击、反射率高、空间暴露下精度稳定等关键问题,保障了出舱任务顺利完成。

(3) 为解决固体火箭发动机喉衬高温烧蚀的问题,采用低熔点、低沸点、低反应自由能的金属做耗散剂,制成石墨基主动防热复合材料(亦称为耗散防热材料)。通过耗散剂气化吸热降温、耗散剂氧化耗散

氧,改变边界层烧蚀环境,使喉衬烧蚀率降低两个数量级、成本降低1/2,制备周期缩短90%,成为在国际上我国独有的原创性的非烧蚀材料技术。

(4) 面向“探月三期工程”月球表面采样的需求,研制了SiC晶须增强铝基复合材料机械臂,解决了高性能复合材料设计与制备、塑性成型、组织调控与改性和加工检测等关键技术,研制出轻质、高刚度、高强度月面采样机械臂,其载荷负重比、重复采样定位精度等关键指标优于美国好奇号火星车。

(5) 面向“高分工程”卫星海量数据处理器热控问题的需求,研制成功金刚石/Al复合材料及其复杂构件成型技术,使芯片壳温降低21℃,

成功解决了处理器温升的“卡脖子”问题,保障了海量数据的正常传输。

(6) 为满足第3代半导体(氮化镓)芯片发热量大、热控难的问题,提出超高导热金刚石/Cu复合材料技术方案,芯片结温降低18℃、可靠性增加50%,解决了第3代半导体芯片温升的“卡脖子”问题。

特色与发展思路

实验室始终坚持把肩负国家使命和探索科学前沿相结合,围绕国防安全和国计民生重大问题,开拓新方向、创新新材料和新技术。在技术路线上始终秉持着独立自主的发展路线,结合我国国情开展基础研究和应用技术研究。取得了金属基复合材料尺寸稳定性设计基础理论、金属基复合材料界面设计理论、金属基复合材料柔性强化理论等基础理论的重大突破;先后研发成功金属基复合材料大气环境下的低成本制备技术、真空环境下一次浸渗成型技术、梯度复合材料复合成型技术、界面反应无污染的“绿色”控制技术、复合材料微观组织调控技术、精密加工技术等,创造了若干原创性、国际领先的金属基复合材料制造技术,诞生了若干独具特色的高性能、低成本金属基复合材料及其系列产品。目前已经基本架构完成材料性能设计、性能评价、高品质制备、精密加工、稳定批产、标准制定的全链条的系统技术链,进入良性发展,批产应用。

实验室依托金属基复合材料研究所,其发展与建设目标为:深入拓展国际领先的若干技术,占领国际学术前沿,夯实基础,培养人才。瞄准国家重大需求、挖掘前沿问题、发展战略性、颠覆性技术,建设国家级研究平台。推进产业化,促进地方经济发展,促进材料研究良好生态环境。形成材料基础研究、材料技术研究、工程化应用、产品量产的良性循环。

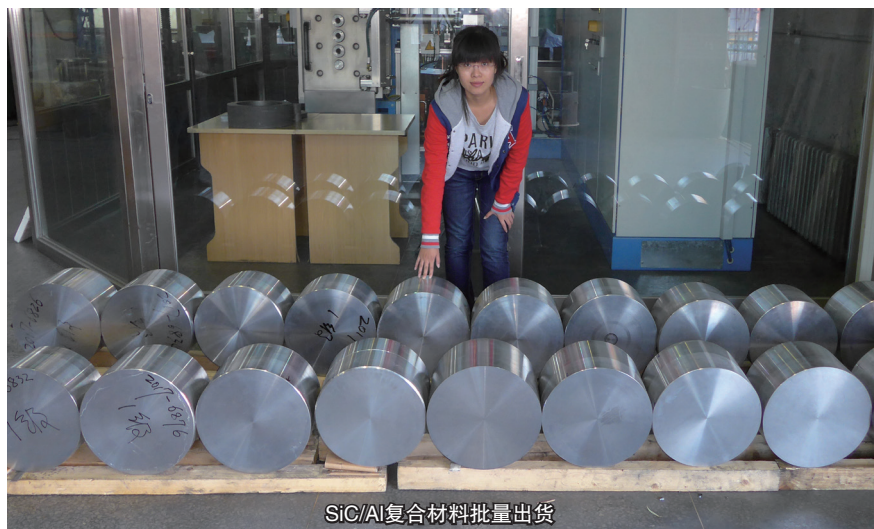
(采访 李丹)



超高导热金刚石铝、金刚石铜复合材料电子器件



仪表级SiC/Al复合材料零件精密加工



SiC/Al复合材料批量出货