

开创国内空间在轨增材制造 技术新纪元

——走进智能增材制造技术与系统重庆市重点实验室

A New Era for Space On-Orbit Additive Manufacturing Technology

[编者按] 增材制造技术被美国科学基金会、国家自然科学基金委员会认为是 20 世纪制造技术的一项重大创新,并受到世界科技强国和新兴国家的高度重视,正在成为工程、制造、材料、生物医学等学科的研究热点。增材制造技术还给空间任务执行和资源保障模式带来了突破性改变,可以满足应急维修保障、试验支持及有效载荷制造等在轨需求。智能增材制造技术与系统重庆市重点实验室自 2013 年开始建设以来,依托于中国科学院重庆绿色智能技术研究院,在激光制造、空间制造与增材制造交叉领域取得了重要突破。

条件与设备

实验室拥有 23 套国内领先的用于增材制造从基础研究到前沿应用技术研究的大型专业化仪器设备(软件),组建包括增材制造功能材料、激光增材制造、空间在轨增材制造等交叉研究平台,以及高性能计算共性支撑平台。

典型仪器设备包括:感应等离子体粉末球化装置(TDU-40KW)、火花等离子体烧结装置(SPS-625)、电子束选区熔化设备(Arcam A1)、激光选区熔化设备(Renishaw AM250)、宽波段可调谐飞秒激光器(MaiTai HP)及其放大器(SPFIRE-100F-1KXP)、大功率可见光激光器(millennia EV)、大功率 532nm 脉冲激光(Quasar 532-75)、大功率半导体光纤输出激光器(LDM-4000)、高速红外热像仪(Image IR8355hp)、超高速数字摄像机(Phantom v2512)以及安装在超级计算机上 128 节点的高性能计算模块(ANSYS HPC)。

研究方向与特色

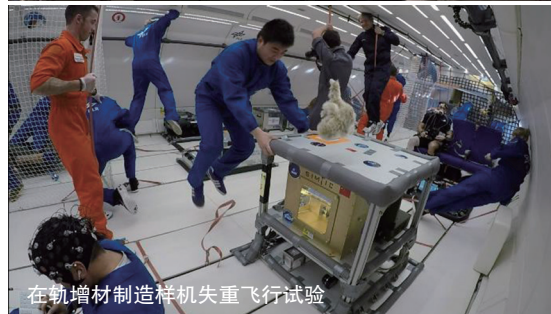
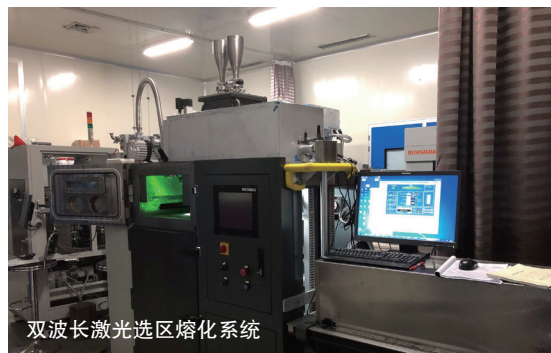
实验室致力于增材制造(3D 打印)技术研究及其智能制造系统开发,主要研究方向包括:(1)高效率、高精度、高性能增材制造原理与关键技术研究;(2)增材制造功能材料定向设计原理与制造方法研究;(3)增材设计及增材制造的前沿应用技术研发;(4)面向行业/国家重大工程的智能增材制造系统开发。研究特色为:重点研发具有工业 4.0 特征的增材制造关键技术、集成技术和智能增材制造系统,探索满足未来工业制造新特征的泛在智能增材制造新原理、新机制和新方法,构建以增材制造为核心的知识产权保护体系。实验室汇集中国科学院重庆绿色智能技术研究院增材制造、机器人、智能工业设计三大平台,具有完整的学科交叉优势、完善的软硬件平台以及人才队伍优势。

研究项目与成果

实验室主要科研工作围绕激光

制造、空间制造与增材制造交叉领域展开,已初步形成“激光增材制造技术重点突出、空间在轨制造技术特色鲜明”的研究架构。

(1)多波长激光选区熔化技术。首次提出了多波长高精度激光选区熔化成形原理,构建以之为

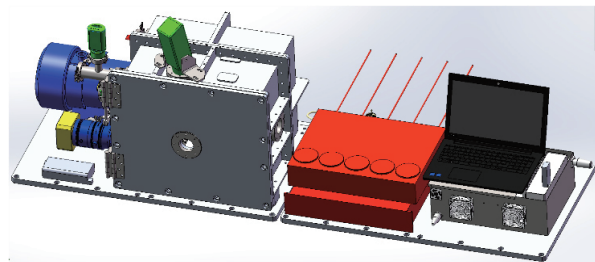
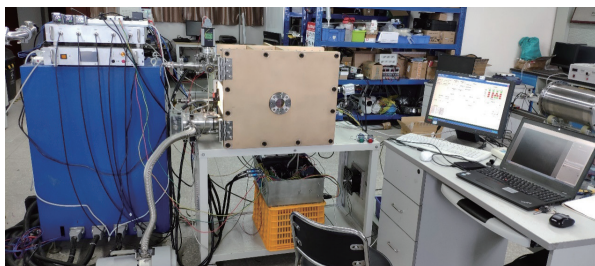


核心的知识产权保护体系,完成了高精度、系列化(工作台面分别为:250mm×250mm、500mm×500mm)的双波长激光选择性熔化成形系统研制。双波长激光选择性熔化系统为高精度/高性能增材制造和全激光(光子)增减材复合制造的新原理、新方法、新工艺研究提供强有力的研究工具,同时基于该装备系统已经发现可控制金属基陶瓷复合材料与结构的新原理和新方法。

(2) 高分子复合材料空间制造技术。与中国科学院空间应用工程与技术中心联合研制出国内首款高分子复合材料空间在轨增材制造试验样机(以中国空间站维修维护为应用目标,按照天宫二号空间实验室尺寸、热、电气接口设计),并在法国进行了失重飞行试验(2016年3月Bordeaux-Mérignac机场,试验样机安装在失重飞机空客A300 Zero-G上进行增材制造试验),为零/微重力环境下“舱内制造”的可行性奠定科学试验基础。

提出大型空间桁架单元的连续在轨增材制造成形新原理与工艺控制方法,研制出包络尺寸为500mm×500mm×800mm,桁架成形尺寸超过1m的高分子复合材料空间制造原理样机。地面验证试验表明,单元的尺寸精度、表面精度以及力学性能等方面,都远远高于目前工业级3D打印机以相同材料成形的单元。大型桁架空间增材制造样机即将在我国本土进行首次失重飞行试验,获得的科学数据与样品,将为“舱外制造”奠定试验基础。

(3) 金属材料空间制造技术。金属熔体在零/微重力环境下表面张力作用凸显,激光(高能束)作用下的熔体动力学行为、规律与机理成为空间制造最基础的科学问题,而熔体行为的精确控制是空间制造最为关键的技术。解决基础科学问题的最大困难在于“深空、长时”零/微



金属空间制造试验样机及其失重飞行试验载荷布局

重力环境下的“在轨科学试验”。在中国科学院战略性先导科技专项(A类)一空间科学(二期)的支持下,围绕“实践”微重力科学卫星试验平台的“在轨科学试验”,面向试验原理样机设计与关键技术分析验证、快速熔凝动态物理过程仿真、试验设计与过程控制等进行预先研究,为“在轨科学试验”载荷(装置)研究,通过“空间材料科学试验”澄清“微重力下金属材料快速熔凝过程中的基础科学问题”提供原理、方法和技术支撑。

与此同时,在中国科学院重点部署项目的支持下,研制出国内首款金属空间在轨增材制造试验样机(多束环列式激光为能量源),计划参与在我国本土进行的首次失重飞行试验,验证金属材料空间增材制造关键技术的可行性。

国内外交流与合作

实验室已经利用平台积极吸引了海外知名学者进行交叉领域的长期访问研究。同时,实验室积极与境外科研机构开展合作,特别是与台湾工业技术研究院镭射与积层制造科技中心开展“植入医疗器械的3D打印技术”合作交流,并获得双方主管机构中国科学院与台湾工业技术研究院的资助,并实现多次互访交流。

作为技术研究为主的实验室,秉承“技术必须转化为生产力才具有研究意义”的理念,积极开展以行业应用为特征的产学研合作。同时,实验室也深知,技术转化为实际生产力(或产品)的路途非常艰辛,因此积极配合行业企业开展产业化技术的研究。代表性的案例为:与塞领科技公司开展面向义齿行业的3D打印技术体系研究;与沪临重工开展舰用发动机燃油喷嘴的3D打印制造技术与试验研究;与重庆材料研究院开展难熔金属粉末的球化技术与打印技术研究。

实验室积极利用研究成果以及人才优势对外提供社会服务活动。典型案例包括:参与政府组织的社会服务活动,参加第十二届中国重庆高新技术成果交易会暨第八届中国国际军民两用技术博览会;在开展技术服务(含培训)与技术转移方面,参加宁夏“3D技术在现代制造业中的应用发展”课程培训,参加“第二届西部3D打印创新及应用发展论坛”;在科普方向,与陆军军医大学西南医院骨科协作,在中央电视台CCTV-10科教频道录制“打印一块残缺的骨头”,并于2016年9月在全国播放。

(采访 逸飞)