激光先进制造专题·编者按

由于激光突出的单色性、高亮度、高方向性和相干性等特点,经过多年的研究发展,激光先进制造技术经历了以激光打标、激光表面处理、激光切割、激光打孔和激光焊接等为代表的激光宏观制造技术,以激光精密切割、激光精密钻孔和激光烧蚀等为代表的激光微细加工技术,和以激光制备纳米颗粒、激光诱导表面微纳米结构、干涉光刻和近场纳米制造为代表的激光微纳加工技术等多个发展阶段,覆盖了从毫米到纳米的不同加工尺度,在现代先进制造业中发挥着越来越重要和广泛的作用。

在激光先进制造技术发展中,基于光热过程和光化学过程两种机理,探索激光与物质相互作用的物理机制和动态过程,通过在激光与物质的相互作用过程中改变物质的物态和性质,实现微米乃至纳米尺度或跨尺度的形控,则可以逐渐克服早期的激光制造技术由于热效应导致的精度不足问题。随着短脉冲和超快激光的迅速发展,其能量密度、作用的空间和时间尺度、加工目标吸收能量的可控尺度都趋于极限,从而使制造过程中的物理效应、作用机理完全不同于传统制造技术,使其制造复杂结构的能力与品质更是远高于传统制造,突破了激光在实际应用中所受到的限制。如超快激光加工,以其特有的超短脉宽和超高峰值性能,使材料在被照射时瞬间转变成等离子体态,大大减少了热效应的影响。又如基于光化学反应的准分子激光冷加工,可以规避由于热熔产生的加工缺陷,有效提高加工精度。

激光先进制造技术涉及光学、物理、材料、化学、生物、信息、控制、机械和纳米科技等学科,必将推动先进制造技术及相关学科的深入发展,并为航空、能源、集成电路制造、国防、汽车和生物医药等领域实现跨越式发展提供重要的制造支撑,也将应用领域拓展至微电子、微机械、微光学、微流体、仿生学和生物制造等前沿科学研究当中。以“两机”专项为例,随着新一代航空发动机性能指标的不断提升,其关键零部件将长期服役于更为苛刻的极限环境下,如高温、高压以及高转速等,工况环境对其耐热性、机械强度、表面摩擦系数以及防结冰性等方面提出了很高的要求。作为一种非接触式的表面处理和精密制造技术,激光微加工在航空发动机复杂部件的维护、修理和全面翻修(Maintenance, Repair and Overhaul, MRO)中表现出明显的优势和巨大的潜力,可以促进以上相关性能需求的实现。

在此背景下,来自世界各地的纳米光学领域的顶尖科学家和青年研究人员,也通过组织一系列学术会议和论坛的方式,讨论前沿新思路、研究新方法,促进激光先进制造技术及其相关研究领域的发展。

本专题根据各行业应用领域对精密制造加工的需求,进一步突出激光技术作为一项重要的先进制造手段所发挥的作用和产生的新问题,特邀请各领域专家学者结合行业背景,介绍其对激光先进制造这一通用技术的理解,以期进一步促进相关理论、技术及应用的协同发展,为国家重大战略产业的建设中所需的工程技术支援和前沿科学研究联动提供一种参考的新模式。

专题包括3篇综述和8篇研究论文。“激光微加工在航空发动机MRO中的应用”一文综述了激光微加工技术在航空发动机行业中的应用,为航空发动机维修和服务保障体系建设中所需的工程技术支援和前沿科学研究联动提供了一种新模式;综述文章“多能场微射流水导激光加工研究发展概况”总结了微射流水导激光加工装置及设

引用格式: 洪明辉, 周锐. 激光先进制造专题·编者按. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2020, 50: 034201

Hong M H, Zhou R. Special Topic on laser advanced manufacturing (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2020, 50: 034201, doi: [10.1360/SSPMA-2019-0379](https://doi.org/10.1360/SSPMA-2019-0379)

备研发的若干关键因素,对比了该技术与超短脉冲激光(飞秒激光)的加工特点;“金、银、铜等典型高反射率材料的激光增材制造”总结了铜、金等高反射率材料的激光增材制造的激光成型现状和原料端现状,亦对该类材料的激光增材制造的未来发展趋势做出了展望.

基于飞秒、皮秒以及纳秒激光的先进制造技术在医疗器件、航空航天以及金属表面工程等领域中面临的高效加工需求,本期的研究论文报道了基于纳飞秒双脉冲激光的蓝宝石蚀除研究、激光喷丸成形轴线几何效应的解析建模、激光-MIG复合热源钢/铝异种金属深熔钎焊、脉冲激光填丝焊接薄板熔池的流动行为分析、激光微织构泡沫铜的氧化铜纳米线制备及其光催化性能研究、Al掺杂4H-SiC第一性原理计算及二次离子质谱分析、脉冲CO₂激光高精度烧蚀熔石英玻璃的研究以及激光冲击强化对Ti₂AlNb合金微观组织及残余应力的影响.这些综述和研究论文将让读者对激光先进制造的研究现状、趋势和应用前景有更深刻的认识,也能为相关领域研究人员提供有益的帮助.

洪明辉¹, 周锐²

1. 新加坡国立大学工学院

2. 厦门大学航空航天学院