



3D打印技术,是以计算机三维设计模型为蓝本,通过软件分层离散和数控成型系统,利用激光束、热熔喷嘴等方式将金属粉末、陶瓷粉末、塑料、细胞组织等特殊材料进行逐层堆积黏结,最终叠加成型,制造出实体产品。3D打印作为一种增材制造,与等材制造(铸锻焊)、减材制造(车铣磨)三足鼎立,是信息技术与制造技术高度融合,实现点点可控的控形控性的制造技术。

## 3D打印技术 正在催生一个新时代的到来



3D打印技术进展专题由关桥院士(右二)和徐惠彬院士(右一)主持。西安交通大学卢秉恒院士(中)、西北工业大学黄卫东教授(左二)和北京航空航天大学王华明教授(左一)分别作了题为“正在改变世界的3D打印(增材制造)技术”、“增材制造与创新设计”和“高性能大型金属构件激光增材制造技术挑战与若干材料科学问题”的报告。

**正在改变世界的3D打印技术** 3D打印技术是各国战略必争、竞相争先的新技术领域。国内外3D打印技术已经在工业、医疗等领域得以应用,甚至包括利用3D打印技术制造飞机等。我国政府高层领导高度关注3D打印技术的研发,希望抓紧发展3D打印产业。美国政府也表示将增材制造即3D打印技术作为国家制造业发展的首要战略任务,持续给予资金支持。卢秉恒院士在其报告中提出了3D打印相关材料创新、工艺优化方向,以及生物材料打印与器官再造领域需要考虑的科学问题,呼吁多学科产学研用的协同创新,以加速其产业化进程。

**3D打印技术掀起全民创新设计的浪潮** 传统制造技术对结构设计有很严格的限制,而增材制造技术(即3D打印技术)提供了几乎可以制造任意复杂结构的可能性,因而有可能按照最理想的结构形式来设计零件结构,从而在最大限度地满足使用功能的条件下,显著减轻结构重量和提高可靠性。黄卫东教授的报告展示了国内外与结构设计相关的增材制造技术典型应用案例,如最佳应力分布结构设计、先进飞机零件气动特性优化设计、设计与制造双重减重的无人机零件等。增材制造将带来结构设计理念全新的革命,目前可概括为设计引导制造、功能性优先、最优化设计。目前这一新理念已引起各行各业设

计人员的兴趣和热情,全社会掀起了创新设计的浪潮。增材制造技术发展的一个重要方向是强化增材制造与最优化设计的互动研究,加强新型设计人才的培养。

**3D打印技术发展必须解决关键材料基础问题** 王华明教授的报告介绍到高性能大型金属构件激光增材制造技术是“变革性”的高性能、短流程、低成本、绿色、“材料/制造”、“控性/控形”一体化先进数字制造技术,但大型金属构件激光增材制造过程中内应力很大且难以控制,难以制造“大型构件”问题,以及内部质量难以控制、难以用作关键/主承力构件的问题是该技术面临的两大技术挑战。报告阐述了提高激光增材制造高性能大型金属构件综合力学性能需要解决的激光/金属交互作用机制、能量吸收利用及成形效率,激光熔池冶金、快速凝固行为和晶粒形态演化规律、内部缺陷形成机制、无损检验方法及缺陷力学行为等若干关键材料科学问题。报告最后介绍了其团队在大型金属构件激光增材制造技术内应力控制、变形开裂预防、激光增材制造装备、内部质量控制方法、技术标准体系建立方面取得的理论、技术成果。

### ▶ 院士点睛:

目前我国增材制造技术发展迅猛,在航空航天领域也已取得应用,现在是否有国家层面的增材制造技术发展路线图?  
——关桥院士

中国机械工程学会2012年提出要制定增材制造技术发展路线图,近两年中国机械制造工艺协会相关分会就路线图也多次讨论交流,目前已向科技部、工信部提交了路线图初稿,提请讨论。

——卢秉恒院士

### 热烈讨论:

目前增材制造技术的尺寸精度、表面光洁度怎么样?

卢秉恒院士:目前大型件尺寸精度比铸件的略高,要达到更高表面光洁度,可对3D打印制品采用电化学、电解处理及电火花加工进行修复。

3D打印技术是否有可能用于制备单晶材料?

黄卫东教授:目前在送粉条件下采用3D打印技术已经可以实现单晶材料修复,但送粉工艺不能达到单晶叶片制备所需的尺寸精度;另外,在铺粉条件下采用3D打印技术能否制备单晶叶片还是未知数,应该比较困难。

王华明教授:在送粉、铺粉条件下采用3D打印技术制备单晶都极其困难,而目前制备成多个微细柱状晶组成的组织是一个可实现的选择。

3D打印技术目前的增材效率如何?激光效率对增材效率、产品组织性能的影响规律是什么?

王华明教授:目前在保证质量的前提下,采用1万瓦功率的激光器,钛合金增材效率达到2 kg/h,增材制造时需要保证增材效率与组织性能之间的平衡。

