

航空航天增材制造技术的应用及发展

潘秋梦

陕西飞机工业有限责任公司 陕西汉中 723200

摘要: 增材制造技术在航空航天领域表现出其作为一种与传统制造技术完全不同的新型制造方式,深刻影响了航空航天工业的产品设计,制造和组装。该技术不仅作为一种快速原型技术用来节省资金和时间,而且可以直接制造零部件和进行修复。本文对航空航天增材制造技术的应用及发展进行探讨。

关键词: 航空航天; 制造技术; 应用发展

1 增材制造在航空航天领域的技术

1.1 金属3D打印技术

常用于航空航天领域的3D打印技术有直接能量沉积(DED)和粉末床熔融(PBF)两种。直接能量沉积(DED)通常包含激光技术沉积(LMD),激光工程化净成形(LENS),电子束焊接(EBW)和电弧增材制造(WAAM)等四种技术。而粉末床熔融(PBF)包括选择性激光熔融(SLM),电子束熔融(EBM)和直接金属激光烧结(DMLS)等三种技术。直接能量沉积(DED)工作原理是将熔化的材料沉积在特定的位置来制造零件,制造过程通常是在惰性气氛中,如图1所示。直接能量沉积使用聚焦能源(激光束,电子束或者电弧等)局部熔融原料(粉末或者线材),并建造三维实体零部件^[1]。

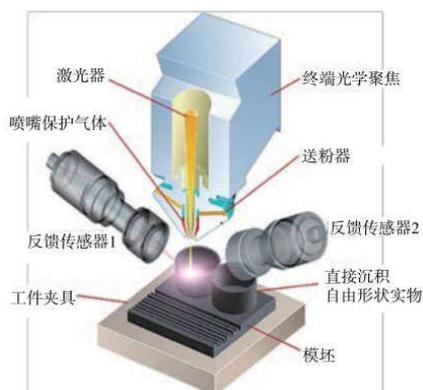


图1 直接能量沉积技术示意图

不同于直接能量沉积技术,基于粉末床熔融的3D打印技术是将一层金属粉末在工作基板上铺展开来,并

通讯作者: 潘秋梦,1996年10月、汉族、女、陕西省汉中市、陕西飞机工业有限责任公司、技术员、助理工程师、本科、723200、493441545@qq.com、研究方向:航空制造技术

用聚焦能源(激光束或电子束)选择性的熔化粉末,当一层成型好后调平辊再铺一层新粉,如此反复创建三维零部件。为了防止粉末氧化,选择性激光熔融SLM和直接金属激光烧结DMLS通常在惰性气氛中保护,而电子束熔融EBM则是在真空环境中保护。粉末床熔融技术可以使用的金属材料通常是不锈钢,工具钢,钛及钛合金,镍基合金和一些铝合金。与直接能量沉积技术相比,粉末床熔融技术的一个关键优势在于其可以在打印悬臂和底切的过程中提供支撑结构,同时因熔池尺寸(大约1mm直径)较小打印出的零部件具有高几何精度($\pm 0.05\text{mm}$)和高保真细节特征^[2]。

1.2 非金属3D打印技术

与航空航天最相关的非金属打印技术包括选择性激光烧结(SLS),立体光刻(SLA)和熔融沉积成型(FDM)等,可以在诸如快速成型,模具和零部件直接制造等方面进行应用。选择性激光烧结(SLS)是一种粉末床熔融技术,利用激光能源融化聚合物粉末。在航空航天应用中,SLS主要用于非功能件的快速成型和非关键零部件的直接制造。立体光刻,通常也叫光固化,是一种利用发光设备(激光或者数字光处理)创建三维实体的方法,设备按照专用软件切片逐层光照并固化液态光敏聚合物树脂。在航空航天中,SLA主要应用于配件等快速原型、模具制备和内饰的直接制造等。熔融沉积成型(FDM)也称为材料挤出成型,是目前市场上最常用的3D打印技术。航空航天工业中已经使用高强材料(如ULTEM等)打印零部件代替传统金属部件,以减少重量和零部件维修的周转时间。NASA的火星车采用了大约70种生产级热塑性零部件,因其重量轻,但是经久耐用足以承受太空的严酷考验^[3]。

2 增材制造在航空航天领域中的应用

在航空航天中增材制造零部件最典型的应用莫过于GE采用3D打印技术生产喷油嘴,GE申明该结构的喷油

嘴几何形状只能通过3D打印技术制造，其将原先喷油嘴多达260个零件整合成20个零件，大大降低了设计、制造成本，并且重量比以前传统的喷嘴轻25%，燃烧效率提高30%。

现阶段，增材制造技术在航空航天领域主要应用在以下几个方面：首先3D打印技术广泛应用在民航飞机的零部件生产制造中，波音公司利用3D打印技术已经打印制造了300多种不同的飞机零部件，其中包括形状复杂的冷气流道。到2017年，波音公司已有超过50000件3D打印的多种飞机零件，并通过直接能量沉积技术（DirectedEnergyDeposition）3D打印的钛合金结构件获得FAA认证；空客公司通过联合3D打印巨头Stratasys，采用FDM打印技术和ULTEM材料成功制造1000多个零件，并且将客舱行李架应用在A380等客机上，这款材料及3D打印飞机通风道的工艺在2015年通过了FAA认证。其次，增材制造技术可以应用在无人机制造中。英国南安普顿大学工程师在2011年利用3D打印技术制造出整个无人机，其标志着无人机制造进入3D打印时代^[4]。

第三，金属3D打印可以应用在航空航天零部件修复中。金属3D打印可以修复受损的昂贵零部件，而不是报废和更换那些零部件，从而大大降低了成本。3D打印工艺用于修复的基本原理是利用激光束在零部件受损表面（基材）和添加的修复材料（金属粉末）间产生冶金结合。同时，与传统修复相比，3D打印的低输入热量会导致基材周围受热影响较小，从而变形小，这就使3D打印可以用于制造薄壁结构，例如机翼翼梁。我国在航天航空制造中也成功应用了国内自主研发的3D打印技术。西北工业大学通过钛合金激光打印，已生产出长度为5m的飞机钛合金翼梁，同时，其与中国商飞公司联合使用3D打印技术制造了C919大飞机的中央翼梁，并通过了商飞公司的性能检测；北京航空航天大学王华明院士团队成功制造国内尺寸最大的大型整体钛合金飞机主承力结

构件，在国际上率先突破了钛合金、超高强度钢等难加工、大型复杂的整体关键零件的激动加工工艺、装备和应用技术。据都灵理工大学LuigiBenfratello教授团队^[5]报道我国FC-31是第一款使用3D打印技术制造机翼和机身中部一体化的战斗机。该飞机的100多个部件是由3D打印制造的^[6]。

结束语

增材制造已经成为智能制造领域的核心技术之一，在全球范围内引起了广泛的关注和重视。通过国内外3D打印技术在航空航天领域的研究及应用，其在复杂结构、一体化制造、轻量化设计以及降低成本和缩短研发周期等方面具有极大的优势，已经成为大尺寸、复杂定制零件的首选制造方案。因此，利用航空航天高端制造业对新技术的拉动促进作用，大力发展3D打印技术，加快高性能、低成本3D打印技术的研发，研发相关材料、整合打印装备以及制定相关标准，全面提升航空航天的制造水平。

参考文献

- [1]杨恩泉.3D打印技术对航空制造业发展的影响[J].航空科学技术,2013(1): 13-17
- [2]王康,黄筱调,袁鸿.3D打印技术最新进展[J].机械设计与制造工程, 2015,44(10):1-6
- [3]刘磊,刘柳,张海鸥.3D打印技术在无人机制造中的应用[J].飞航导弹,2015(7):11-16,49
- [4]王华明,张述泉,汤海波,等.大型钛合金结构激光快速成形技术研究进展[J].航空精密制造技术,2008,44(6):28-30
- [5]航空无刷同步发电机冷却流场仿真分析[J].陈智恒;李艳军;曹愈远;毛庆元;大电机技术. 2018(04)
- [6]何君,李颖,杨玲等.3D打印技术在固体火箭发动机上的应用进展研究[C].中国航天第三专业信息网第三十九届技术交流会暨第三届空天动力联合会议,2018