

立足应用研究,解决航空制造 瓶颈问题

——走进航空制造工艺数字化国防重点学科实验室

Based on Engineering Application, Solving the Bottleneck of Aeronautical
Manufacturing

[编者按] 航空制造工艺数字化国防重点学科实验室于2007年6月由国防科工局批准成立,依托沈阳航空航天大学机械制造及其自动化和航空宇航制造工程两个二级学科进行建设。实验室现已形成“三制造、两检测、一理论”的研究特色,涵盖了以数控制造、增材制造、钣金成形制造等研究方向为代表的航空先进制造技术领域;以材料服役性能、成形性能及飞机导管结构耐久性能评价、几何量测量为代表的航空测试技术领域;以虚拟现实仿真、构型管理、三维工艺和制造执行系统为代表的数字化制造理论研究领域,为国家重大工程、重点型号提供了强有力的技术支撑和人才保障。

■ 软件与硬件 ■

航空制造工艺数字化国防重点学科实验室现有教学和科研用房9030m²,大型仪器设备总值5000万元,专兼职教职工56人,其中国务院政府特贴专家2人,国家百千万人才工程1人,辽宁省百千万人才3人,博士生导师3人,硕士生导师24人,年均在校研究生120余人。近年来,实验室累计承担科研项目150余项,包括国家自然科学基金、国家重大专项、国防基础科研等国家级重大科研任务,经费额达8000余万元,并与沈飞、黎明、成飞、沈阳飞机设计研究所、沈阳发动机设计研究所等企业 and 研究院所开展合作。承担科研项目均面向国家急需和企业生产瓶颈问题,取得了一系列的研究成果,累计为企业节约成本和创造产值5亿元以上。先后获得中国航空学会技术发明一等奖1项、国

防科技进步二等奖4项、辽宁省科技进步二等奖2项、其他各级奖励10余项,获授权发明专利40余项、软件著作权10余项;发表学术论文500余篇。实验室具有国内领先的数字化制造与测试设备,并与海克斯康公司联合成立了数字化测量实验室,拥有先进的数字化几何量测量设备。

■ 研究项目与成果 ■

近年来,实验室主要围绕航空材料与结构的数字化制造与测试开展研究,包括航空结构件的高效数控加工技术、增材制造技术、钣金成形技术、结构强度与寿命的测试与评估、耐久性试验测试等,取得系列进展。

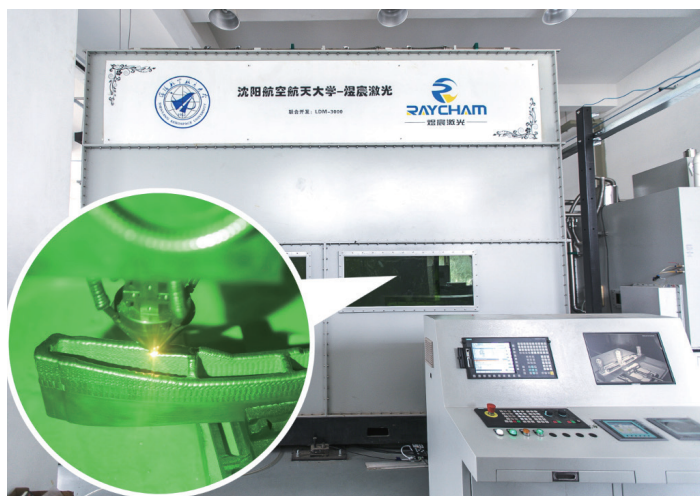
(1) 针对飞机主承力结构、先进航空发动机高温合金和钛合金材料关键零部件制造和服役损伤的激光增材制造技术与装备需求,深入开展了具有创新舱体结构的激光增材制

造专用装备研制及工艺开发研究,提出了基于红外热像分区的扫描路径动态规划新方法,构建了动态熔池流场及温度场模型,突破了航空器关键结构件激光增材制造及再制造关键技术,研制了超声场/电磁场辅助激光增材制造设备,解决了激光增材制造易变形开裂等难题,发明了新型激光增材制造同轴送粉系统,显著提升了成形精度水平,激光增材制造及再制造技术指标处于国际领先水平,相关成果已在沈飞某型飞机承力构件舱门摇臂的激光增材制造和某型飞机垂尾梁的激光增材修复,以及黎明的后机匣裂纹损伤修复等相关行业领域获得应用,有力支撑了我国航空用金属结构件的制造与再制造技术的发展。

(2) 针对钛合金/高温合金大型航空复杂结构件高效高精度加工需求,开展了钛合金/高温合金材料切削性能、加工变形预测及控制技术、

工装夹具优化设计方法、加工过程物理量仿真及其稳定优化技术等内容的研究,提出了复杂航空结构件加工过程残余应力释放-重新分布理论,揭示了切削力与残余应力耦合作用对航空结构件加工变形的影响机理,建立了钛合金/高温合金结构件切削参数数据库、加工过程切削力、切削功率、表面质量、刀具磨损模型以及大型复杂航空结构件加工变形有限元仿真分析模型,突破了大型复杂结构件加工变形快速准确有限元仿真、加工过程物理量仿真等关键技术,研制了系列化加工刀具及新型夹具,显著提高了刀具使用寿命和装夹的可靠性,解决了钛合金/高温合金结构件加工效率低、加工变形大、加工质量不易稳定控制的难题,显著提升了航空难加工结构件加工水平,相关技术指标处于国际领先水平,相关成果已在沈飞、黎明、成飞等单位承担的5项重点型号工程10余种、上千件零部件的制造中获得应用,有力支撑了新型航空发动机重大专项的实施。

(3) 针对航空材料与结构的服役性能评价,开展了航空铝合金、铝锂合金等不同环境和不同应力比下的预腐蚀疲劳和腐蚀疲劳试验研究,建立了相关材料的性能数据库,为航空飞行器的选材、结构设计以及寿命预测评估等工作奠定了基础。提出了增材制造材料的力学评价方法,并起草了相关国家标准,相关成果已应用于航空工业沈阳飞机设计研究所承担的某新型战机的研制,保障了该战机的批产和科研进度,取得了显著的经济和社会效益。针对航空工业沈阳飞机设计研究所需求,开展了进气道隔框典型角形连接件力学性能试验与模拟研究,提出了典型件结构强化方法,解决了某型战机因改进升级造成结构件尺寸减小而需要保证其结构强度的难题,相关成果已在其承担的某型战机改进升级中获得应用,有力支撑了战机的顺利改进升



LDM3000激光增材制造系统

级。

此外,实验室还开发了异形薄壁结构件的非对称旋压技术、软膜成型锻压技术,提出了基于MBD的数字化检测工艺系统构架;针对新型战机制造精度要求开展了飞机部件先进装配工艺技术研究;提出工艺快速设计模板方法,突破了生产线规划、工艺集成技术瓶颈。

研究成果应用

实验室增材制造团队生产的钛合金承力构件在国产某战机重大改进型首飞中发挥重大作用,实验室采用3D打印技术制造该零部件,较传统的“锻铸+机械加工”制造方式,可节省大型铸锻设备、减少开坯模具,大大缩短研制周期、减少制造成本,这也标志着实验室的增材制造技术水平比肩国内一流,迈入国内第一梯队水平。

实验室高效数控加工团队承担的“延伸机匣刀具轨迹数值仿真分析”、“钛合金薄壁筒形件精密加工技术”、“包络法加工螺旋槽数控立铣刀技术研究”等项目,针对航空制造企业高效高质加工的需求,开展航空薄壁结构件加工变形预测及控制、铣刀数控磨削等方面的研究,提出包络法立铣刀螺旋槽刀具轨迹等方法,突破复杂走刀轨迹有限元模拟等技术瓶颈,解决了航空结构件高质高效加工

难题,相关技术指标处于国内(或国际)先进水平,相关成果已在黎明、沈飞等单位承担的2项重点型号工程的3种、30件零部件的制造中获得应用,有力支撑了新型号工艺定型及批产任务的实施。

针对航空航天薄壁复杂结构件需求,开展旋压成形、粘性介质成形、超声振动辅助成形、电磁成形研究,解决了复杂结构件整体成形难题,相关技术指标处于国内(或国际)先进水平,相关成果已在黎明、成飞等单位承担的2项重点型号工程的6种、600余件零部件的制造中获得应用,有力支撑了航空产品质量的提升。

国内外交流与合作

近年来,实验室与法国亚眠大学成立了航空材料与结构强度中法联合实验室,在航空复合材料、金属材料与结构的性能测试与评估方面开展深入合作。另外,实验室主办的“总师论坛”作为一项高质量、制度性大型学术交流活动,每两年举行一次,通过各航空主机厂、科研院所的总师与专家的技术交流,探索实验室产、学、研科技合作的新模式,共同推动航空制造数字化技术的发展,目前已经成功举办4届,成为辽宁省科学技术协会的一项重要学术活动。

(采访 李丹)