

航空发动机制造关键技术

孙 玥

中国航发四川燃气涡轮研究院 四川 绵阳 621000

摘要: 航空发动机是飞机的动力之源,同时也是一个国家制造水平、军事实力的综合体现。随着科学技术的不断进步,航空发动机向着超高速、大推力、长航时的方向发展,世界各国都先后投入了大量的资金用于研制新一代高性能航空发动机。新一代的航空发动机为了获得较强的工作性能采用了大量新材料和复杂的结构设计,而对航空发动机的加工制造带来了大的困难。文章将在分析先进航空发动机特点的基础上对航空发动机关键部件的制造技术进行了分析阐述。

关键词: 航空发动机; 制造技术; 分析

引言

航空发动机重要制造技术是中国航空发动机产业链发展方向的重要因素。传统制造技术和生产方式早已无法满足航空发动机制造的高精密、高品质、效率高、高可靠性的需求。下列三轴、四轴、五轴的数字化加工对国内航空发动机制造行业的发展方向起着至关重要的作用。

根据航空发动机高繁杂、高可靠性的需求,目前航空发动机制造能力仍然按照“制造—试验—修正制造—再试验…”的模式,这就意味着航空发动机开发自身不仅仅是一项新科技工作,也是一项“砸钱”工作在中国航空发动机开发和实验初期,大家经历了许多弯道与挫折。“三落四起”目航空发动机关键制造技术现状及趋势惠阳航空螺旋桨有限责任公司李添宇前正处于“第四起”的阶段,对我们即是机遇又是挑战。世上只有极少数我国有着航空发动机制造技术。这代表了一个国家的科技实力、工业生产能力和国际地位。在多代飞行员的共同努力下,完成了自小推力到涡扇发动机,自小推力至中推力到大推力,从二代半向三代四代超越。如今,四代机与大推力大涵道比发动机开发正在进行中。发展需要总体上应该做到以更加最先进的制造技术推动航空发动机技术性。

1 航空发动机制造关键技术相关理论概述

1.1 单晶涡轮叶片制造技术特点

现代航空发动机涡轮前温度对比以往有所提升,F119发动机涡轮前温度已经达到了1900~2050K,用传统手工艺锻造的涡轮增压叶片在这样的高温环境非常容易熔融,不能正常工作中。单晶涡轮增压叶片能够实现重量为10的单级发动机涡轮叶片高温下也可以正常运转。单晶涡轮增压叶片耐热的优势是叶片总体由一种结晶组成,等轴晶和定项晶叶片的多晶体构造克服了位

错不耐热问题。单晶涡轮增压叶片是航空发动机零部件的一种,在海外归属于很严重的垄断性和封禁。该零件具备达标率低、生产制造时间长、加工工艺繁杂的特性。生产制造工艺流程主要包括型芯冲压工序、型芯修复工艺流程、型芯煅烧工艺流程、检测型芯、型芯与磨具配对、钎模注入、钎模x射线检测、钎模裁边型、组成钎模、出模系统与进胶口浇口组成、建筑涂料冲砂、钎模包含壶型清洗和吹砂、复检工艺流程等在内的x光检查、外观设计查验、叶片整修、叶片厚度查验、最后检查等。之上步骤结束后,涡轮增压叶片溶炼磨具设计和生产制造也应当进行。

1.2 整体叶盘加工技术呈现出效率高、精度高、成本低的优势特点

全部叶盘技术的发展为航空发动机的总体设计带来了自主创新要素,在使航空发动机生产技术更为精良与此同时,高效地缓解了汽车发动机重量以及危害,增强了发动机可靠性和稳定性。此外,叶片选用大歪曲、小薄厚设计方案高效运行设计方案,造成叶片刚度不够,生产加工时叶片非常容易形变。假如叶片间的气旋安全通道过窄或过宽,全部叶片盘的加工工艺将不能达到想要的效果。钛金属和耐热合金等。因为具备强度大的特征,激光切割艰难,生产加工效率低下。20个世纪80时代,西方国家尝试将总体叶盘关键技术于新式航空发动机设计和产品研发。但在我国直至1996年才运用总体叶盘技术性。全部叶盘技术的发展能够促进航空发动机零部件的进一步集成化。鼓型一体叶盘、带轴一体叶盘、带鼓轴组成一体叶盘、带箍闭试一体叶盘、整流器密封圈一体叶盘和二级或多级别一体叶盘的串连一体叶盘构造慢慢自主创新总体叶片盘的结构功能以风机叶轮和径向叶片盘为载体,慢慢催生出尺寸叶片构造的叶片盘和

斜向流动叶片盘。全部叶盘关键技术于性能卓越航空发动机的设计开发后,全部叶盘的生产技术慢慢获得创新与发展趋势。

1.3 高端轴承制造出来的技术特征

滚动轴承是航空发动机极为重要的构件,其转速比每分在10000转之上,要始终保持这一转速比,必须能够承受汽车发动机电机转子高速运转所产生的比较大的向心力、压应力、磨擦、高温等情况。滚动轴承质量以及特性直接关系发动机特性。R ampd、高端轴承生产必须涉及到结构力学、固体力学、润化基础理论等综合知识,充分考虑疲惫与损害、材料结构、热处理工艺等方面的理论成果。还应注意设计方案、原料、加工工艺、生产设备、检测、实验、润滑脂等新技术难题。现阶段,铁姆肯、NSK、SKF、FAG等外国企业垄断了高端轴承的研发、生产和营销活动。我国航空发动机制造技术水平较低,轴承是我国航空发动机研发工作中的最大障碍,这对我国高性能航空发动机的发展带来一定阻碍。

2 航空发动机关键制造技术的发展应用

集成化制造是航空发动机零部件加工的主要发展趋势,选用集成化制造方式,零部件结构强度使用寿命显著。以一体式叶片盘为例子,在一体式叶片盘制造中选用一体式制造技术,规避了传统式榫槽接口方式提升净重、结构抗压强度减少、结构复杂等问题,新式一体式叶片盘净重更加轻,具备更加好的气动式特点。在叶环制造中,选用一体化制造技术,规避了叶盘的轮盘一部分,进一步优化了叶环的结构强度净重,使零件的特性获得合理利用。复合材质制冷多层板主要是用于估计重量的航空发动机制冷结构。主要运用于燃烧仓和涡轮增压叶片的制冷,制冷结构繁杂。在航空发动机设计方案加工过程中,轻量、结构复杂、新型材料变成航空发动机生产加工制造的新形势。为了能航空发动机加工的效率和质量,一定要重视新技术的应用。

3 航空发动机制造热点技术相关理论概述

3.1 再结晶抑制技术特点

单晶体耐热合金的优势是采用单晶体的叶片,并没有位错。加工硬化减少了初始单晶体铝合金的耐热特性。单晶体叶片铸造成型后,需要经过出气孔生产加工、榫槽切削、侧铣生产加工、尖部锻造工艺孔焊、热处理工艺、安装等工艺。汽车发动机正常运行时,叶片高速运转,遭受比较大的震动、冷热空气冲击、荷载和持续高温。在这样的情况下,很容易发生重结晶。实践活动说明,汽轮发电机叶片设备故障率比较高。因此,近些年,世界各国选用预回应热处理工艺、渗氮、镀

层、取下表层形变层的办法抑止加工硬化,根据加上界限加强因素修补加工硬化。

3.2 3D打印技术融入了粉末冶金、CAD、激光切割加工、CAM等技术方式。3D打印技术将“人的大脑”中的思路体现为三维实体线,可以参考一下电脑标注的构件图象,全用打印机打印出“真”的构件。3D打印技术给制造业和制造业增添了创新。世界上第一台3D打印喷气式模块是通过澳洲莫纳什大学研发的。该企业与美国波音公司、cyber punk等企业合作,研发了能够打印波音飞机模块原型的3D打印技术,并把打印的模块原形用以飞行试验。3D打印技术的优势是高效率,能将模块零部件的制造时长缩减到6天。现阶段,中国在使用3D打印机对涡扇发动机高压压缩机电机转子叶片的损坏构件进行处理和重复利用。3D打印技术的应用,很好地制造了汽车发动机里的非净重零件和电机定子零件。可是,现在正在评定零件的物理性能。与此同时,运用3D技术制造驱动力滚动轴承零件和转子零件的科学研究已经有序地开展。

4 航空发动机制造关键技术

4.1 单晶涡轮叶片制造技术

当代航空发动机涡轮增压前温比较高,F1 19发动机涡轮前温达到1900~2050K K,传统手工艺锻造的涡轮增压叶片经不住这么高的环境温度,会熔融,没法合理充分发挥。单晶涡轮增压叶片很好地克服了重量为10的第一级发动机涡轮叶片的耐热难题。单晶涡轮增压叶片良好的耐热特性完全取决于全部叶片只有一个结晶,规避了等轴和定项结晶叶片多晶体机构所引起的晶间持续高温特性缺点。

单晶涡轮增压叶片是当前制造工艺流程较多、周期时间最多、达标率最少、海外封禁和垄断性最严重发动机零部件。单晶叶片的加工工艺包含:压芯、修芯、烘芯、芯检、芯与模配对、注蜡、蜡型x射线检测、蜡型厚度检验、蜡型组成、拉晶系统及开水组成、建筑涂料冲砂、模汤除此之外,还要进行涡轮增压叶片溶炼磨具设计和制造。现阶段,世上只有国外、俄国、美国、法国的、我国等少数国家能制造单晶涡轮增压叶片。近些年,在我国单晶涡轮增压叶片制造获得了非常大进度。研发了推动力之比10的单晶涡轮增压叶片,大批量生产了涡流汽车发动机高导出重量的单晶涡轮增压叶片。

4.2 做好先进切削成型技术的应用

成形是航空发动机制造中一直所使用的制造方式。为了获得繁杂精确的航空发动机零件,对用以除去毛胚的加工量开展机械设备加工。现阶段钛金属在航空发

动机中的比例特别大,其高韧性、高弯曲刚度、高耐温性的特征给传统式加工增添了极大的考验。此外,航空发动机繁杂的斜面和表面光滑度还对航空发动机的加工给出了更高要求。航空发动机的制造必须运用高强度新式数控刀片,选用具备4轴和5轴繁杂斜面加工的能力性能卓越数控车床。数控机床加工技术性常常用于航空发动机繁杂斜面和高精密零部件的加工。此外,在航空发动机高精密零件的加工中,一定要重视形变赔偿、响应式加工等优秀加工科技的科学研究及应用,及其航空发动机的加工精密度和高效率。此外,在航空发动机加工中,务必对各类加工原材料的加工特点进行分析与分析,建立相应的原材料钻削数据库系统,便于在后期加工制造中能够依据主要材料的加工特点选择适合的加工加工工艺。切削是航空发动机制造中极为重要的加工方式。在如今切削科技的实验中,正向着高精密和超精密快速切削方向发展。做好切削技术的发展对航空发动机零件的表层加工特点起着至关重要的作用。

4.3 做好特种加工技术在航空发动机制造中的研究和应用

在繁杂凹模、轮廓等繁杂难加工原材料的加工中,较高能束加工这一独特制造技术优势比较明显,能完成很多基本加工方式不能达到的加工课题研究。现阶段航空发动机制造选用特殊的加工技术性包含激光器、低温等离子、正离子、火花放电等加工技术性。做好特殊加工技术的发展对航空发动机繁杂凹模和型面的加工效率和质量起着至关重要的作用。

5 我国航空发动机数字化制造发展展望

美国、欧洲、日本等在航空发动机新产品研制中都全面应用了以敏捷制造、精益制造和虚拟制造、复合高效加工及自适应控制为代表的先进数字化制造技术,大大缩短了商品制造周期时间。银川市工厂是劳斯莱斯企业技术专业航空发动机制冷压缩机叶片厂。这些产品的生产工彰显了最先进的制造技术核心理念。在大多数产品流程资金投入生产以前,为了保证生产线和稳定安全运营,必须使用生产线模拟仿真。机械手臂、规范化数控车床、检测仪器和铣刀等规范数控机床制造模块,灵便响应式的制造流程和加工零件及流程的数控机床加工

程序流程,用以数控机床加工的夹装、找位、旋转、精确测量及其零件在各个制造区域内的精准旋转根据信息系统集成和标准化的算法设计,可以和劳斯莱斯总部的设计产品单位即时沟通交流,参加设计产品决策过程。比较之下,数字化技术在中国航空发动机制造公司的运用比较分散化,必须在广度和深度上进一步提升。

伴随着航空发动机制造技术的创新,各种各样加工数控车床和在设备作用、精密度、高效率、弯曲刚度等多个方面越来越关键,引领着航空公司制造技术的高速发展。但中国依然比较严重依靠进口的高端数控机床进行航空发动机关键零部件的生产和加工这说明中国数控车床制造业没能力开展产品研发和自主创新。因为世界各国技术实力的差别,在具体生产上存在着对进口产品的核心技术封禁、不可以合理利用和开发优秀作用、机器设备维护费用高难题。如果长时间依靠进口产品,中国航空公司制造技术的高速发展将变得十分处于被动。因而,我们要勤奋追逐航空发动机制造技术,拉动国产装备制造水平。

结束语:航空发动机关键制造技术的应用,减少了人工干预、人为出错的概率,克服了技术瓶颈。同时,为我国航空发动机发展提供了坚实的技术保障,实现了制造流程的规范化、自动化,提高了生产效率及产品质量,势必对我国未来航空发动机产业的发展起到不可估量的推动作用。

参考文献:

- [1]陈泓昊.先进航空发动机关键制造技术[J].军民两用技术与产品,2018,(16):2.
- [2]尚鲜军,拜英梅,任燕飞.精密阀套零组件制造工艺探讨[J].航空精密制造技术,2018,54(3):52-55.
- [3]王增强.航空发动机整体叶盘加工技术.航空制造技术,2020(91):58—61.
- [4]刘业胜,曹玮,郭福水,等.钛合金空心风扇叶片加工误差对其性能影响的初步分析.航空制造技术,2020(16):58—64.
- [5]黄维,黄春峰,王永明,等.先进航空发动机关键制造技术研究[J].国防制造技术,2020(3):42-48