

浅谈航空发动机涡轮叶片精密成型技术研究

王欣欣

(河北省邯郸市永年区海翔机械厂 河北 邯郸 057150)

[摘要]在航空发动机中,涡轮叶片位于温度最高,应力最复杂,环境最恶劣的组件上,被标记为第一个主要组件,称为“王冠珍珠”。航空发动机技术复杂且难以制造。世界上只有几个国家可以完成航空发动机的设计和制造。中国不断发展航空发动机的设计和制造,以提高自身的制造水平。空心涡轮叶片是高性能航空发动机的主要部件之一,制造困难长期以来一直给中国的制造公司带来麻烦。通过分析空心涡轮叶片的结构特性,分析和解释空心涡轮叶片的精密成型技术。

[关键词]空心涡轮叶片;精密成型技术;精密铸造

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.04.1022

前言

空心涡轮叶片是高性能航空发动机的关键组件,由于对精度的要求和制造困难,我们无法批量生产空心涡轮叶片。为了提高空心涡轮叶片的制造合格率,我们将叶片精密铸造的“形状控制”和“可控制性”两个方面出发分析空心涡轮叶片的精密铸造工艺,以提高叶片精密铸造的质量。需要

1 空心涡轮叶片的精密铸造技术

现代飞机发动机正朝着高推进力和低油耗的方向发展。为了实现这一目标,当今世界上的主流方法是提高航空发动机涡轮的进气温度。发动机涡轮的当前入口温度已经很高。随着温度的不断升高,发动机涡轮叶片的温度达到 $1880^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$,为了解决这个问题,目前的涡轮叶片主要用于复合膜冷却的单晶空心涡轮叶片(称为空心涡轮叶片)。由于结构的复杂性和材料的特殊性,熔模铸造工艺主要用于制造空心涡轮叶片,但由于精度低,产量低,该工艺存在使空心涡轮叶片具有高性能的问题。

空心涡轮叶片的工艺复杂且难以制造:粗略的制造过程如下:首先,使用模芯来完成空心涡轮叶片精密铸造所需的陶瓷芯,并且陶瓷芯是空心的填充零件。用来。随后,使用蜡模工艺在芯的外层上制备涡轮叶片蜡模,然后通过烧结注射成型和其他工艺来制造空心涡轮叶片粗糙毛坯。在粗坯的基础上,完成后续步骤,直到准备好空心涡轮叶片为止。过去,在空心涡轮叶片的制造过程中,复合材料是在高温下容易损坏的等轴晶体结构,并且随着材料技术的发展,叶片中使用的复合材料已转变为新型的单晶基材料。它具有耐高温性,大大提高了空心涡轮叶片的产量。如今,液态金属冷却方法主要用于空心涡轮叶片的精密铸造工艺中。

2 空心涡轮叶片制备中的“形控”

在空心涡轮叶片的精密铸造中,不匹配的叶片占一半的一半以上。为了提高空心涡轮叶片的制造质量,必须在叶片铸造过程中积极地进行“形状控制”。精密铸造涡轮叶片的尺寸精度。精密铸造的“形状控制”主要控制涡轮叶片的表面精度和叶片的空心厚度,其精度直接受涡轮叶片的精密铸造工艺和模型尺寸精度以及精密铸造蜡模尺寸的影响。

除了控制蜡模的精度外,还必须注意解决由叶片精密铸造工艺中的收缩引起的尺寸缺陷。叶片结构复杂,对精度的要求较高,在精密铸造过程中,叶片容易受到热应力的影响,叶片变形,以叶片精密铸造位移场的形式出现。叶片变形后,会影响叶片的空气动力学形状,并直接影响发动机的运行效率。铸造叶片后需要进行良好的质量控制,以确保叶片的正常运行。为了控制叶片精密铸造中产生的收缩变形,可以向叶片精密铸造模型中添加一定量的补偿,以补偿叶片精密铸造引起的收缩。叶片精密铸造中产生的收缩受到各种因素的影响,这些因素使收缩变形为非线性,因此无法精确计算收缩补偿,因此必须优化叶片的精密铸造腔。

R是叶片精密铸造型腔模具的初始模型,S是叶片精确变形后的模型量,C是带有补偿的型腔模型。通过建立的模型,可

以计算出精密铸造前后空心叶片的形变位移场,并将计算出的形变场叠加在型腔模具的初始模型上,可以计算出应变消除设计的设计量。当采用应力消除优化设计时,必须计算叶片精密铸件的位移场。叶片精密铸件位移场的计算可以通过两种方式完成:(1)根据结果进行逆建模。该解决方案基于精密铸造叶片和实际型腔数据,并仔细测量精密铸造叶片,以基于实际测量数据建立叶片模型和型腔模型。建立的模型使用两步配准算法来获得所需的空心涡轮叶片位移场的计算。(2)该方法是使用3D建模方法完成相关模型的仿真,并创建叶片精密铸造的位移场模型。叶片精密铸件位移场模型完成后,可以根据建立的位移场完成叶片精密铸件的变形预防优化。涡轮叶片很难制造,因此建立叶片精密铸造应变消除模型需要进行一些修改才能达到所需的精度。

此方法简化了补偿,并允许您更改抗应变优化模型,该模型最初需要一次完成多个补偿,同时要提供非常高的补偿效率和补偿精度。它可以帮助优化空心涡轮叶片的变形预防。在控制涡轮叶片形状的同时,应控制空心涡轮叶片的厚度。空心涡轮叶片的厚度将直接影响叶片的结构强度,冷却效率以及叶片的寿命。空心涡轮叶片的厚度也直接与精密铸造蜡模的精度有关。为了控制由陶瓷芯的定位引起的叶片厚度的精密铸造误差,需要在此基础上分析和优化由叶片的定位引起的误差传递链。可以出于错误原因使用陶瓷芯定位优化技术来优化陶瓷芯定位元件,以优化陶瓷芯定位元件并确保陶瓷芯的定位精度。

3 做好空心涡轮叶片精铸的“性控”

基于对空心涡轮叶片尺寸精度的良好控制,需要在叶片的精密铸造过程中执行“铸造控制”。在高温精密铸造过程中,用于精密铸造空心涡轮叶片的复合材料会受到各种因素的很大影响。例如,定向凝固精密铸造会产生雀斑,晶界和收缩等缺陷。这些缺陷的存在将使叶片的物理性能无法满足设计要求。为了解决这个问题,可以采用优化精密铸造工艺的方法。高温梯度LMC定向凝固技术可实现精密铸造叶片的快速冷却,同时降低了精密铸造叶片的单晶雀斑和收缩等缺陷的可能性,可有效保证叶片的屈服强度。

4 结论

空心涡轮叶片结构复杂,加工精度高,是高性能航空发动机的关键部件,根据制造技术,空心涡轮叶片无法批量生产。需要积极地对空心涡轮叶片进行研究和分析,以解决空心涡轮叶片的复杂制造过程中的缺陷和低产量。从空心涡轮叶片的材料,结构和制造工艺出发,为确保空心涡轮叶片的性能,我们积极研究和应用叶片制造工艺,以确保高性能航空发动机生产的顺利进行。

参考文献

- [1]冯炜,汪文虎,王孝忠,等.空心涡轮叶片精铸蜡型陶瓷芯定位元件尺寸计算方法[J].航空学报,2013(1):181-186.
- [2]崔康,汪文虎,蒋睿嵩,等.基于力约束的空心涡轮叶片陶瓷芯定位方法[J].航空学报,2017(9):328-336.