

整体叶盘叶片光饰抛光试验及发展应用探析

Research of Development and Application of Polishing Test for Blisk Blade

中航工业沈阳黎明航发(集团)公司技术中心工艺所 刘随建 吴伟东

[摘要] 介绍了整体叶盘叶片利用机械光饰机进行的抛光试验,根据叶片试验取得的数据,分析了该种加工方法所具有的特点,以及应用时应采取的一些措施,为该种方法的应用提供了一定的借鉴经验。

关键词: 光饰机 磨料 抛光 光饰加工参数 数控加工

[ABSTRACT] The Polishing test for blisk blade by automatically grinding machine is introduced. According to the test data, the characteristic of this machining method is analyzed and some methods are adopted in the process of grinding. It provides some reference experience for the application of the machining method.

Keywords: Grinding machine Abrasive Polishing Grinding parameter NC machining

叶片抛光质量对发动机性能和质量有直接影响,如粗糙度、波纹度、转接质量等不好,将会降低发动机的性能和寿命^[1]。由于整体叶盘将叶片和轮盘做成了一体的刚性结构(见图1),使得其叶片表面的抛光加工变得十分困难。目前,国内企业在进行该项加工时,大多数依然是利用手工抛光方法。手工抛光方法存在着质量保证能力差、加工周期长的突出问题,严重影响整体叶盘的质量水平和加工效率。为此,各企业都在尝试利用机械化的加工方式来实现整体叶盘叶片的光饰抛光。本文介绍了利用光饰机进行整体叶盘叶片抛光取得的一些经验,探讨了整体叶盘叶片实现机械化与自动化抛

光的方法思路,希望能够借此为提高国内整体叶盘制造水平提供些许帮助。

1 整体叶盘叶片光饰抛光加工试验及效果分析

1.1 叶片光饰抛光工艺要求及抛光前状态

叶片表面光饰是一种叶片的表面强化方法,其作用是使微观表面的轮廓最大高度降低,生成均匀的冷作硬化层,消除内部有害加工应力的同时,给表面增加一个均匀的预压应力,可制止微观裂纹发展,提高叶片疲劳强度^[2]。整体叶盘叶片光饰抛光的主要目的是保证叶片表面粗糙度达标,同时保证数控加工获得的叶片形状与位置精度不受到破坏,即不产生变形、过大的和不规则的金属去除,也要保证不能有烧伤、烧蚀、腐蚀等现象产生。

整体叶盘叶片的最终表面粗糙度要求一般为 $0.4\mu\text{m}$ 以下。叶片型面的成型目前都是利用数控加工实现,数控加工可保证叶片的轮廓尺寸与位置精度要求,但在表面质量方面,数控加工都存在球形刀具螺旋铣削形成的密排轨迹,其粗糙度值一般在 $1.6\mu\text{m}$ 水平,表面局部地方存在接刀痕迹。

1.2 整体叶盘叶片光饰抛光使用的设备及试验方式

1.2.1 设备情况介绍

使用的设备为国产的旋轴式光饰设备(国外同种设备称做切入式光饰设备)。旋轴式光饰设备的主要工作部件由料箱和装夹零件的主轴组成,料箱内盛装磨料及磨削溶液,料箱在工作时按一定频率上下运动;主轴悬于料箱上部,零件在加工前装夹在主轴上,然后主轴下降将零件沉没于料箱的磨料中。工作时主轴带动工件在磨料中同时进行自转和偏心公转(可以进行正反2个方向的自转和偏心公转),料箱也同时带动料箱中的磨料和磨削溶液做上下往复运动。通过工件与磨料间的相对复合运动,实现磨料对工件表面的冲刷磨削作用,从而达到使工件表面粗糙度降低的光饰效果。试验用设备型号为BJG-2500,其主轴的自转和公转速度及料箱上下运动的频率能够通过变频器进行调整,但料箱的

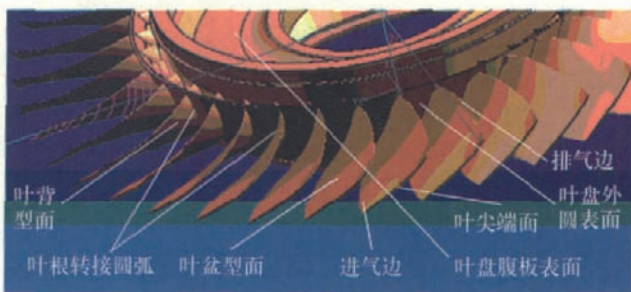


图1 叶盘结构示意图
Fig. 1 Structure of blisk

上下运动幅度不可调。

1.2.2 整体叶盘叶片光饰抛光试验

试验时,为了保证叶盘叶片各处基本具有同样的磨削效果,采取了变换叶盘装卡方向和旋转方向的方式,并采用了粗、精磨分阶段的光饰加工方式。用于试验的整体叶盘材料分别为不锈钢和钛合金,对其进行的检测内容是尺寸去除量、叶片变形和表面粗糙度的降低情况。

1.3 试验结果及讨论

1.3.1 光饰试验结果

试验结果证实,叶片大面积的尺寸去除量很小,也基本不产生加工变形,表面质量所呈现的状况如图2、3所示,刀具加工痕迹基本被去除,接刀和个别深度较

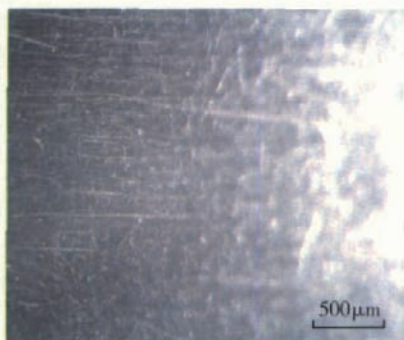


图2 粗磨60min放大60倍的表面状态

Fig. 2 Roughness under 60 × microscope after rough grinding for 60min

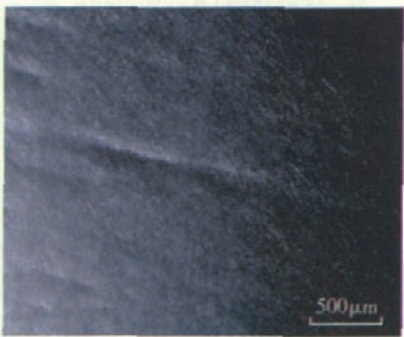


图3 粗精磨240min放大60倍的表面状态

Fig. 3 Roughness under 60 × microscope after self-finish grinding for 240 min

大的加工痕迹依然存在,表面纹理的拉毛现象消失;存在的接刀和加工痕迹及个别手工打磨叶片因操作不当形成的坑、平台现象变得非常清晰,刀痕波峰与波谷的高度值减小,波峰顶部圆滑;叶盘上所有被光饰加工的表面尖角、棱边全部变为圆角状态;叶片叶根与轮盘外表面的转接圆弧($R=2.5\text{mm}$)上的铣刀痕迹去除效果差;整体表面呈现均匀一致的光亮状态,不存在规律性的加工纹理痕迹,经与标准件目视对比,表面粗糙度达到

$0.4\mu\text{m}$ 以上(除机加工刀具痕迹未去除部位)。钛合金盘叶片经腐蚀检测,未发现烧伤、烧蚀等缺陷。

1.3.2 试验结果讨论

由光饰抛光结果可以看出,此种加工方法基本不改变零件的宏观形状和尺寸精度;能够改善波纹度,但改善程度有限;加工有边角效应,凸角棱边经光饰加工后均形成圆角;零件粗糙度均能获得降低,降低幅度在可接受的时间内基本为1~2个级别,基本不会产生因光饰加工产生的变形;加工不会产生烧伤、烧蚀现象,若磨削溶液选择准确,不会产生腐蚀现象;两表面相接的凹状转接处光饰效果相对较差。该方法总体上所呈现的效果是:表面粗糙度的一致性、符合性非常好,加工盲区几乎接近于没有,加工效率高。上述几个方面的特点大大优于振动光饰机光饰和手工抛光方法。

分析该方法具有很好效果的主要原因,是因为该光饰加工设备能够使磨料以较高的和相对比较均匀的速度对零件表面进行磨削,只要磨料流过零件表面不受到阻碍,其表面各处的切削速度差异就比较小,表面质量状态的一致性就较好;2个表面相接处的磨料运动受到一定阻碍,因此该处磨削效果较差;而振动光饰机加工时,其磨料对零件表面施加的磨削速度比较低,而且磨料的振动幅度与方式受零件结构影响较大,在开式整体叶盘两表面相接的叶根部较大区域内,磨料振动阻碍较大,磨削效果也比较差。

该种光饰方法基本不会改变零件的总体形状,对波纹度的改变也不很明显,这说明该方法最重要的作用是改善粗糙度质量。其对零件的变形影响,还取决于其他众多因素,涉及零件固有的结构和材料刚性、零件的前道工序对其表面施加的应力水平、光饰加工时的设备参数、时间参数及加工方式等。因此,整体叶盘减少和避免变形影响的工作应该依靠试验结果来确定。

2 光饰抛光试验结果应用的工艺措施及效果

从整体叶盘叶片光饰抛光试验加工的情况看,其表面获得综合性的质量效果在很大程度上还取决于光饰抛光前具有的形状精度,而目前的数控加工水平,还不能满足于直接将加工后的零件应用机械光饰抛光方法,因此,在光饰抛光前还需要对数控加工形成的表面进行必要的处理加工。

2.1 叶片光饰抛光前的表面质量控制措施

光饰抛光方法进行实际应用时的整体叶盘材料为钛合金,其数控加工后的叶片表面粗糙度值为 $1.6\mu\text{m}$ 左右,进、排气边距离极限下偏差的数值为 0.3mm ,表面质量在光饰抛光前不符合要求的项目是:盆背表面具有相对较大的接刀痕迹、局部区域的加工轨迹粗糙度值较

大、叶片根部与型面和轮盘外圆表面转接的接刀痕迹较大、根部圆弧上有明显的纵向波纹。

为了使光饰抛光后的整体叶盘叶片表面获得完全均匀一致的粗糙度表面质量,对叶片表面的局部进行了手工打磨处理。打磨处理的工具选择了砂带机,砂带磨削具有效率高、摩擦生热少、磨粒散热时间间隔长的特点,可以有效地减少工件变形烧伤^[3];此外,砂带磨削与工件是柔性接触,不会产生硬性打磨的凹坑缺陷,砂带有一定的宽度、且粒度一致性好,能避免打磨时动作强弱不当和磨料本身粒度不均产生的较深的沟痕和划痕。磨料粒度选用要适当,以保证打磨的粗糙度值低于 $1.6\mu\text{m}$ 。

2.2 整体叶盘叶片光饰抛光实际应用效果

把经过数控加工和简单手工打磨处理的整体叶盘叶片按照转轴式光饰机抛光试验参数进行了实际加工应用,应用期间的每个阶段对于数控加工形成的显露清晰的局部明显不均匀刀痕采取少量的打磨处理,整个抛光的实际加工时间在4h左右。叶片的形状、位置尺寸依然保持良好,表面获得符合要求的、均匀一致的粗糙度质量,没有烧伤、烧蚀及腐蚀现象产生,未产生变形。

3 整体叶盘叶片光饰抛光方法应用发展探析

目前受数控加工质量影响,在整体叶盘叶片光饰抛光前的打磨工作量仍然较大。为了改变这种现状,必须在减少数控加工的加工刀痕与接刀痕迹方面有更好的工艺方法,目前在这方面思考的改进工作有:(1)采用叶片流道之间添加填充物的刚性强化方法,达到消除因变形影响形成的深的接刀痕迹和切削振动出现波纹的目的;(2)对刀具的材料、切削参数及加工时间进行认真摸索,掌握其规律性,固化刀具材料、几何参数和加工切削参数,并及时更换磨损的刀具,保证表面切削质量处于良好状态;(3)为了更可靠地保证表面的数控加工连续性,利用高转速的数控设备装夹金刚石磨轮进行型面磨削,应该也是可以尝试的加工方法。上述方法如能研究应用,必将极大地降低光饰抛光前打磨处理的工作量,最终使整体叶盘叶片抛光的质量与效率获得满意的提高。

4 结论

通过整体叶盘叶片光饰抛光试验及实际加工应用的结果,获得以下结论:

- (1) 转轴式光饰机(切入式光饰机),是整体叶盘叶片无尺寸抛光的一种可行的加工设备;
- (2) 应用转轴式光饰机进行叶片最终抛光时,比较

可行的方案是使粗糙度值降低在1~2个级别内,抛光前的叶片型面表面不能有严重的接刀和划痕及波纹度不合格现象,叶片根部圆弧表面粗糙度要低于总体表面粗糙度值1个级别,叶片叶尖端面与型面转接圆角要注意控制或预留余量;

(3) 当叶片型面数控加工质量控制不好而需要打磨处理时,磨具尽量选用砂带机进行修磨;

(4) 光饰抛光的设备运动及加工参数的选择要注意不产生变形,磨料粒度选用要适宜,磨削溶液的选择不能产生腐蚀现象。

参考文献

- [1] 刘艳. 叶片制造技术. 北京: 科学出版社, 2002.
 - [2] 刘艳. 叶片制造技术. 北京: 科学出版社, 2002.
 - [3] 孟少农. 机械加工工艺手册. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- (责编 侧卫)

(上接第83页)

生成。飞机典型零件的下陷生成,实现了我国航空工业飞机长桁类、框缘类等零件的下陷生成自动化,缩短了研制时间,降低了生产成本。在后续的工作中,还将针对飞机典型零件的多次下陷进行进一步的研究。

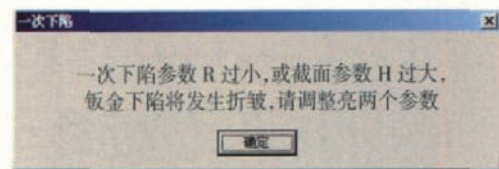


图7 错误提示框一
Fig.7 Error prompt 1

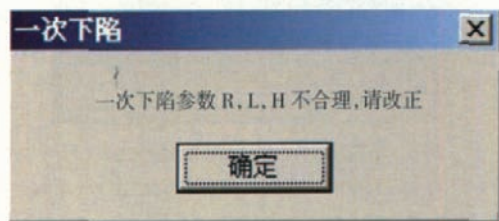


图8 错误提示框二
Fig.8 Error prompt 2

参考文献

- [1] 胡捷. CATIA 二次开发技术基础. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [2] 陈靖芯, 徐晶, 陆国民. 基于 CATIA 的三维参数化建模方法及其应用. 机械设计, 2003(8):48-50.
- [3] 翟平. 飞机钣金成形原理与工艺. 西安: 西北工业大学出版社, 1995:108-213.

(责编 淡蓝)