

飞机发动机透平叶片冷却孔专用机床的新发展

中国机械工程学会特种加工分会 (北京 100081) 王克锡编译

近年来,为应对飞机发动机透平叶片冷却孔加工的需求,日本 ELENIX 公司(本刊曾在 2012 年第 13 期中做过介绍),三菱电机公司、牧野公司、英国 Winbro 公司先后研制出了新型高速、高品质多轴、专用的电火花加工机以及激光加工与电火花加工相复合的加工机。在此,拟对相关的报道作一个介绍,以供参考。

气体发动机或喷气发动机所构成的零件,其动叶片与固定叶片(见图 1),一般皆利用镍基耐热合金。为使叶片表面绝热、则需要在这种难加工材料上利用电火花加工机来加工为数众多的微细冷却孔。一般而言,一台气体发动机要用 200 个叶片,每一叶片要加工 200 个冷却孔。为更高效地冷却这些叶片,便要求将冷却孔的形状加工成扩散口(如图 1 所示的不同剖面的孔道)。因此,作为发动机的一种零件而增加了制造成本。不言而喻,若当作可进行更换的零件,其数量也进一步增多了。

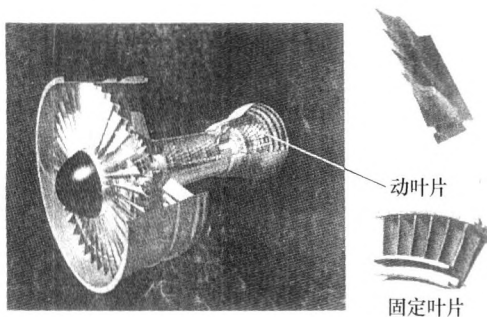


图 1 气体透平与结构件

1. 高速化的电火花加工机

日本牧野铣床制作所研制了电火花加工扩散口的机床 EDBV3 (见图 2) 是针对加工气体透平发动

机叶片表面冷却孔的专用机床。为了高效率加工这种零件,只要通过一次准备工序,机床便能连续地自动化加工,是利用市场上销售的管子电极与电火花加工方法在叶片上高速加工成冷却孔与扩散口(Diffuser)的形状展成加工。

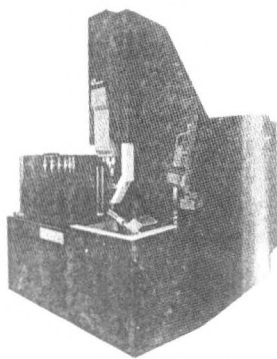


图 2 扩散口加工机(EDBV3)

使用已研制的机床,在镍铬铁耐热、耐腐蚀金属材料 718 上,借助于黄铜管电极,加工件厚度为 4mm,孔径为 $\phi 0.3 \sim \phi 0.6\text{mm}$ 的冷却孔时,其加工时间为 6~7s,电极损耗率为 70%~130%,扩散口的形状展成时间为 15~30s,用以往的机床却需要花费 420min,而使用 EDBV3 型机床仅为 100min。

扩散口加工机床具有以下特点:①每孔加工速度跟该公司以往机床相比,提高了 4 倍左右。②扩散口与冷却孔能连续加工。③可缩短电极交换时间。④缩短了加工准备时间。

该机床不仅能支配冷却效率的扩散口的最佳形状,提高气体透平的燃烧温度(1500℃以上),进而还可改善燃烧效率。

(1) 扩散口的展成加工(轮廓加工的组合) 该机床是利用了电极损耗率(100%)较高的放电条件进行高速加工、并使管子电极实施旋转,以此控制管子电极外周达到均匀的损耗(见图 3)。

(2) 电火花加工的控制把用于能实施高精度、高速加工微细形状的放电控制技术也应用在以水作加工液的线电极切割加工中,将工件设置在加工液

槽中进行加工,通过AD变流器进行内部处理来检测放电状态,从而实现了管子电极的高速加工进给。

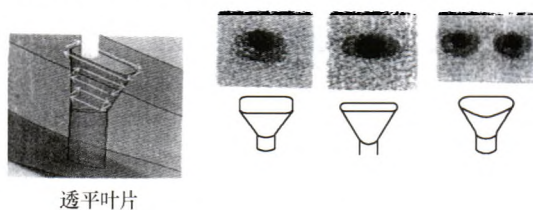


图3 冷却孔与扩散口的展成加工

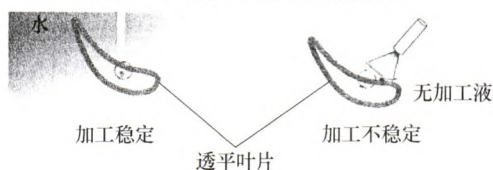


图4 在加工槽中电火花加工

(3) 高压喷液功能 从管子电极端部边喷射加工液(压力为7MPa),边进行加工(见图5),借助于这种加工液的压力能提高放电加工屑的排出效率与高速加工。而且,因冷却效率高使得加工面的热变质层被限制最小限度。

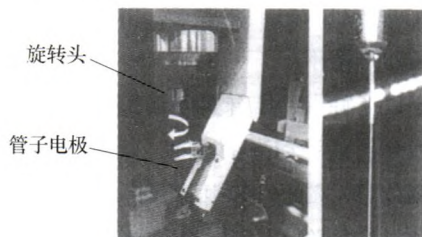


图5 高压喷流加工

由于工件的热变质层小,能使高温条件下所使用的透平叶片与叶轮增长了使用寿命。

(4) 贯通检测功能 经检测,当管子电极使工件加工部位贯通之后,电极就会自动移出冷却孔的上部,停留在1mm以内,然后便断续对扩散口实施加工,因此缩短了作业的循环时间(见图6)。

(5) 电极导向器的定位 就准备工序而言,由于将电极夹具、管子电极、穿梭装置及导向器定位构成一个整体,所以电极自动交换时,无须在管子电极定位导向器上实施调作业,从而减少了作业时间。

关于电极的定位导向器,因为利用市场品而实现了低成本化。

(6) 防止旋转振摆的选择指(Finger) 要使管子电极像夹持在两叶片中间那样来约束电极,从而限制了电极中间点上的振摆变大。随着加工的进展,当管子电极变短时,虽然电极的振摆变小了,然而,

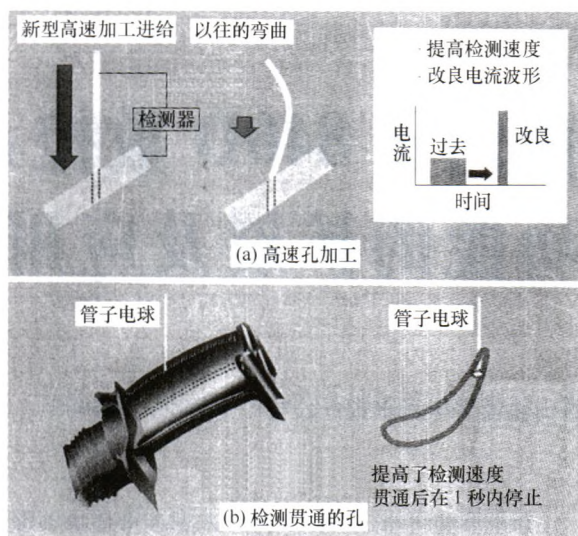


图6 在加工液槽中稳定加工

由于电极夹具与叶片之间就会产生干扰,此时通过自动控制,能够予以避免。因为限制了电极的旋转振摆,所以才能使用市销品的管子电极实现了电火花稳定的高精度加工(见图7)。

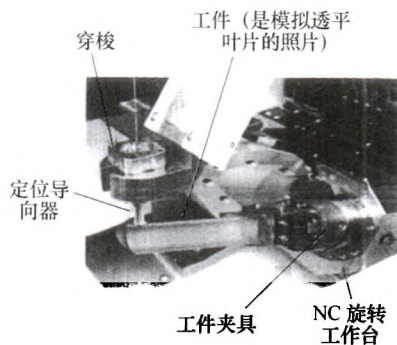


图7 工件与旋转工作台

作为生产工业用的气体透平零件加工机的英国Winbro公司,早在30年前已将高速电火花加工机(EDM钻床)产品化了。在冷却孔加工的实际效果方面,低噪声化与提高燃料效率已成为最近关心的题目,因此用户期望采用新技术来应对。

因此,该公司为了应对用户的要求而将以下的机床实现了产品化:①6轴高速电火花加工机HSD—6系列。②激光孔加工机Laser Drill系列。③激光与电火花加工复合加工机800系列。④激光孔加工与切断机Delta。⑤管子电极展成加工机STEM。⑥微细孔加工机CD4A。⑦电解加工机等。

2. 激光与电火花复合加工机

在上述的800系列中还研制了利用激光与电火花加工的复合功能的加工机(见图8)实施孔加工。这

西门子 840D 数控系统手动测量功能的扩展及应用

唐山轨道客车有限责任公司 (河北 063035) 黄军军 刘绍宏 刘建新

在高速动车组生产中,所有大型关键部位的部件都要在数控加工中心上完成。而焊接件的变形较大,需要采用探头测量各加工部位的状态,对某些复杂的焊接件需要在加工前对加工余量进行测量检测以及建立工件零点,在加工过程中进行实时精确补偿,从而保证高质量、高精度的产品加工要求。

1. 手动测量功能及问题的提出

数控加工过程中,工件的装夹找正及刀具的辅助测量占用较大时间。对于大型复杂加工件来说,通常采用手动测量功能建立工件零点坐标系,然后再通过编制好的程序进行精确零点计算,从而建立工件精确零点。当然也可用手动测量功能进行工件尺寸的检测和加工余量的考证。

手动测量功能是西门子 840D 数控系统自带的一种功能,由于系统只能测量 $\pm X/\pm Y-Z$ 五个方向,当 A/C 轴保持一定的角度时,则不能直接测量,有一定的局限性,也限制了手动测量在实际生产中的

是以激光作为加工手段来去除防热的陶瓷保护膜(TBC: Thermal Barrier Coating),然后再用电火花加工冷却孔与扩散口形状的精加工。

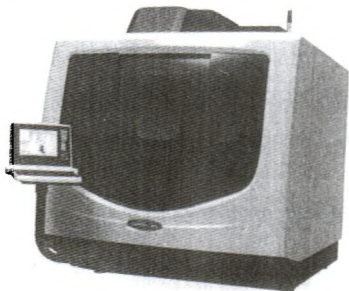


图8 激光与电火花复合加工机

应用范围。

SINUMERIK 数控系统中的循环有以下几种形式:工艺循环、测量循环、用户循环、ISO 兼容循环、编译循环等。尤其是工艺循环和测量循环的开放性主要体现在两个方面:

(1) 所有的工艺循环和测量循环都是以子程序的方式提供的,如有必要可以进行修改;

(2) 根据机床的工艺要求,用户可以方便地编制自己的用户循环。

基于以上特点,结合实际加工需要进行编程的二次开发来扩展手动测量功能,以提升手动测量功能的应用范围,在此以 SINUMERIK 840D 数控系统为基础通过编程举例在实际加工中的应用进行验证。

2. 手动测量功能的扩展及应用

公司数控加工设备大都为大型五轴龙门式加工中心,用于加工车体的复杂型材料件及焊接件,某些加工件由于工件的特殊性及复杂性,加工前需检测

该机床的主体(床身)采用树脂与混凝土原料,在 X、Y、Z 三轴上配置了直线电动机、在工作台的旋转轴上使用了力矩电动机。

各轴的移动量在 X、Y、Z 轴分别为 800mm、300mm、700mm,旋转轴 $B \pm 150^\circ$ (100r/min),旋转轴 C: 连续旋转 (150r/min)。直线移动精度为 0.08mm,旋转精度为 10rad·s。在重复精度情况下,直线精度为 0.006mm,旋转精度为 8rad·s。工件重量为 25kg。ATC 可用于 4 个激光加工工位,电火花加工可用于 6 个工位。MW

(收稿日期:20130810)