

微细孔电火花展成加工机的最新发展

中国机械工程学会特种加工分会 (北京 100081) 王克锡 编译

日本“埃列尼库斯”(ELENIX)是世界生产微细孔电火花加工机床品种与数量最多(共有4大系列16个品种)的专业公司之一,即从小型至大型,从普通型到高精度型,从手动型到7轴NC型,其产品已广泛用于模具加工、大中型蒸气透平零件加工、飞机发动机叶片冷却孔加工、汽车零部件加工、小型精密件加工、各类喷油嘴加工及线切割机的穿丝孔加工等。

本文拟对该公司最新研制的微细孔展成加工机系列作一介绍,以供参考。

1. 丰富多彩的异形孔加工

通常,在微细孔电火花加工机上能加工的主要是圆形孔。然而展成加工除能加工圆形孔之外,还可加工三角形、四角形、五角形的孔以及圆锥孔、带台阶的铤孔、狭缝孔等丰富多彩的异形孔。而且,全都可利用廉价的、容易购到的微细电极(管子电极、条状电极)进行加工。

如图1所示,所有的四角形方孔皆是利用 $\phi 0.7\text{mm}$ 的管状电极弯曲后的表面连续加工出来的。在JIMTOF2010(日本国际机床展)上加工实际表演的工件,其上部的

“ELENIX”连体字迹也是用电极加工的。

2. 低成本的高速加工

若说电火花加工机能进行形状加工的话,那

么,一般用油作加工液的电火花成形加工机也皆能做到,不过,则需要采用适合加工形状的成形电极。在此介绍的展成加工,因使用了市场上容易购到的加工微细孔的电极,所以只要选择一定直径的电极就能进行加工,从而降低了制造电极的成本;并且由于能用纯水(浸渍)作加工液,避免了电弧放电,还可提高加工能量,实现高速、短时间加工。

虽然说用纯水加工机可提高加工能量,但往往会在孔及其周边形成粗糙的表面或较多的毛刺,最终导致孔的形状精度变差。为此,该公司利用独家研发新系统,实现了稳定的加工速度和所需要的加工形状。

3. 新型的5轴NC加工系统

历来的微细孔电火花加工机的基本动作是将电极移至加工位置,使电极(正轴)下降实施穿孔加工,而电火花展成加工机在使正轴下降的同时,还使水平移动方向的X、Y轴以及旋转方向的A、B轴也相对被加工件的形孔进行加工(见图2)。

由于各移动轴能同时进行高精度定位,所以能加工复杂的形状。

新型数控(NC)能调整丰富多彩的加工参数,具有能自由调整加工形状及表面粗糙度等方面的特点。

如同图2所示,在使用电极实施加工情况下,

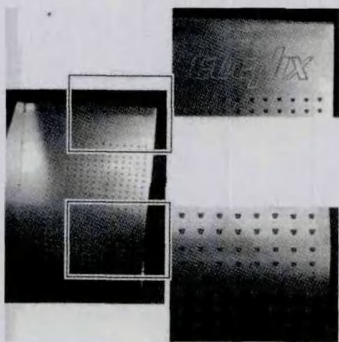


图1

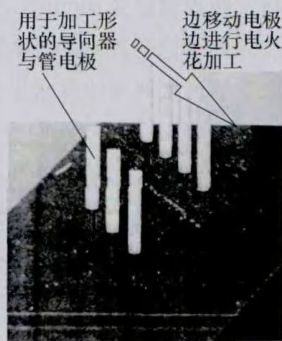


图2 展成加工机的动作

像加工微细孔一样会产生电极损耗，这是该公司在研发本系统中碰到最困难的一个问题。

如果能像加工中心那样，只要工具不损耗加工轴就会按照事先给定的移动量切削工件，然而在电火花加工情况下电极（工具）必然会产生损耗，为此而研发了能使电火花加工跟加工中心同样的移动系统，从而实现加工。另外也可利用有损耗的加工方法进行加工，由于加工部分不断使用新电极，因此实现了高精度、稳定的加工控制（见图3、图4）。

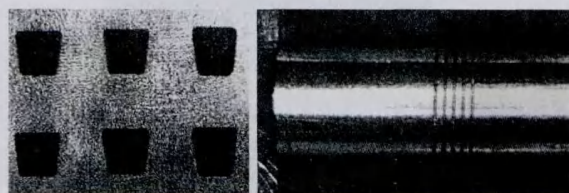


图3 四角形孔的加工 图4 不锈钢管螺纹沟槽的加工

4. 用水作加工液的微细孔高速电火花展成加工

现在燃气轮机叶片和飞机发动机叶片作为其冷却表面的冷却孔的加工方法，大多数皆利用电火花进行加工。为了进一步提高叶片的冷却效果，目前正在研发提高气流效率的喷孔形状来改善叶片外表面的冷却。

此处，把作为正在谋求的能准确且能进行高精度加工型孔而诞生的装备，就是利用纯水作加工液的高速展成电火花加工机。

5. 高精度的加工形状

该公司GT系列的电火花微细孔高速展成加工机最大的一个特点是，只要输入图面上所需要的形状尺寸就能按照工件形状与尺寸进行连续加工。

若加工图5、图6所示的形状时，只要输入四角形的加工深度与角度的程序就能从图7～图9的断面图所观察到的那样，能对不同角度的形状实现高精度、简便的加工（相对角度为30°的孔，改变加工形状角度后的加工案例断面图）。

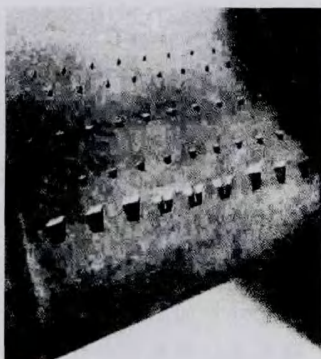


图5 飞机叶片的形状加工案例

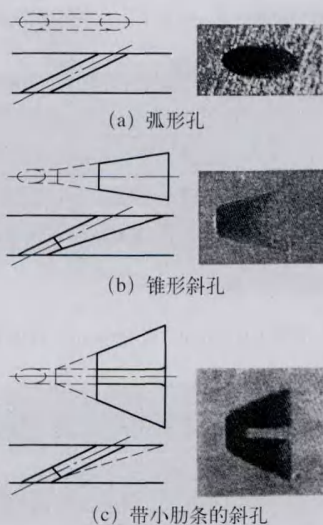


图6 斜孔部分的形状加工案例

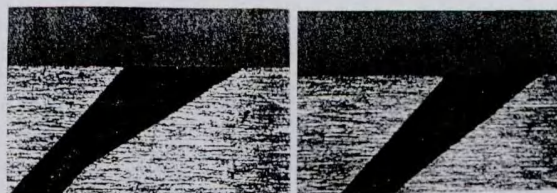


图7 加工角度15°的断面

图8 加工角度10°的断面

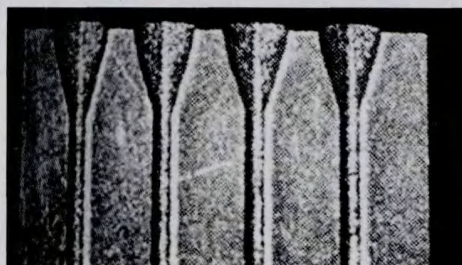


图9 加工开口角30°的断面

6. 无裂纹、变质层低的加工

加工叶片微细孔时，应将裂纹（显微裂纹）与变质层作为加工状态是否良好的标准。只有能消除这两项障碍的机床才能应用。对加工形状剖面部分经腐蚀后的检验结果表明，已出现了无裂纹、较低的变质层。

7. 微细形状的加工

为加工较小的形状，研制成了可使用纯水的“GT300FX-SF02型”微细电火花展成加工机，该机种是使用 $\phi 0.03\text{mm}$ 超微细加工电极进行超微细孔加工。此前，一般难于加工的微细形状、狭缝等，现在已成为可能（见图10～图13）。

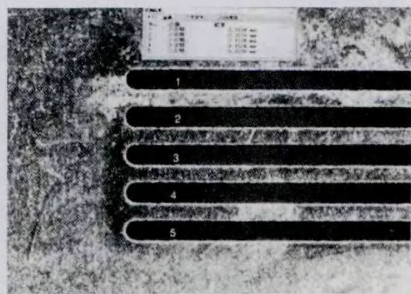


图10 狭缝宽度0.15mm、长度8mm，共加工5排



图11 在 $\phi 2.0\text{mm}$ 不锈钢管上加工宽度0.15mm、长度8mm的狭缝（使用 $\phi 0.15\text{mm}$ 的电极）



图12 加工宽度0.06mm的圆弧
（使用 $\phi 0.03\text{mm}$ 的电极）



图13 加工缝宽0.1mm
（使用 $\phi 0.07\text{mm}$ 的电极）

8. 支援自动连续加工的选用件

复杂形状的加工件（叶片），通过一道工序便可实现全自动化加工。利用浸渍倾斜、旋转装置（PAT第4219569号）能自动控制三维定位，还可以从微细加工件（RT125N-5）开始，直至最大载重为100kg的大型件加工（RT500N-100）（见图14）。

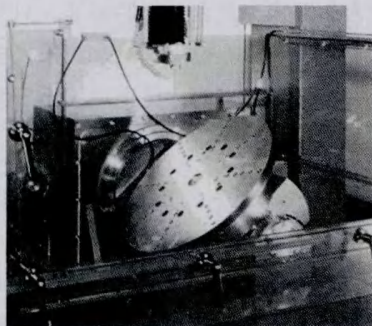


图14 浸渍倾斜加工装置RT500N-100（最大载荷100kg）

（1）电极自动变换装置（PAT第305773号）使

用电极自动交换装置进行连续加工。最多可安装60支电极，标准安装24支电极（见图15、图16）。

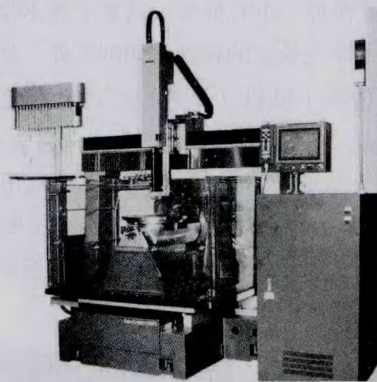


图15 GT1200FX电极交换规格为48支



图16 电极自动交换装置（ESF 24）

（2）导向器自动交换装置（PAT第3050773号）使电极的外径达到 $\phi 0.02 \sim \phi 6\text{mm}$ 。因选用件规格不同，电极长度也不一样（实际最长的为200mm），能自动进行变换（见图17）。MW

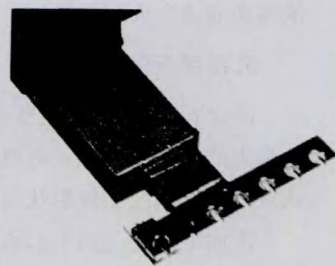


图17 导向器自动交换装置（GSF 6）

（收稿日期：20111125）

通 知

广大的读者朋友：

由于我刊近期稿件繁多，请您投稿时务必留下详细的联系方式和身份证号码，方便我们跟您进一步联系和邮寄杂志、稿费！感谢您的支持！

（本刊编辑部）