



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd

精密高效电加工技术的发展及应用

苏州电加工机床研究所有限公司 · 叶军



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co., Ltd

苏州电加工机床研究所有限公司
Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co., Ltd

1958 — 2011
中国特种加工技术中央研究院所

中国机械工业集团有限公司
苏州电加工机床研究所有限公司
SINO GROUP ELECTROMACHINING MACHINE TOOL RESEARCH INSTITUTE CO., LTD

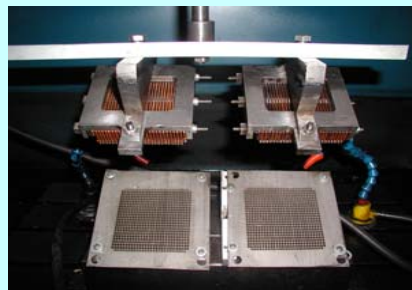
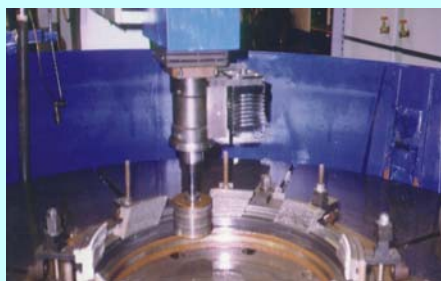
首页 | 公司介绍 | 产品中心 | 荣誉证书 | 新闻中心 | 检测中心 | 行业组织 | 留言系统 | 联系我们 | 人才招聘

Back to English

叶军

电加工技术是先进制造技术的重要组成部分，在航天、航空、军工、精密模具、电子通讯、汽车、微型及医疗器械等关键制造领域发挥着不可或缺的作用。

电加工技术，主要解决传统加工方法难以加工的特殊材料、复杂形面、微细结构的制造难题。





苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



苏州电加工机床研究所有限公司创建于1958年，原隶属机械工业部。现隶属国资委中国机械工业集团公司。



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd

苏州电加工所有限公司现为国家高新技术企业，江苏省创新型企业，是我国特种行业的归口所。



一、数控单向走丝电火花线切割技术及设备

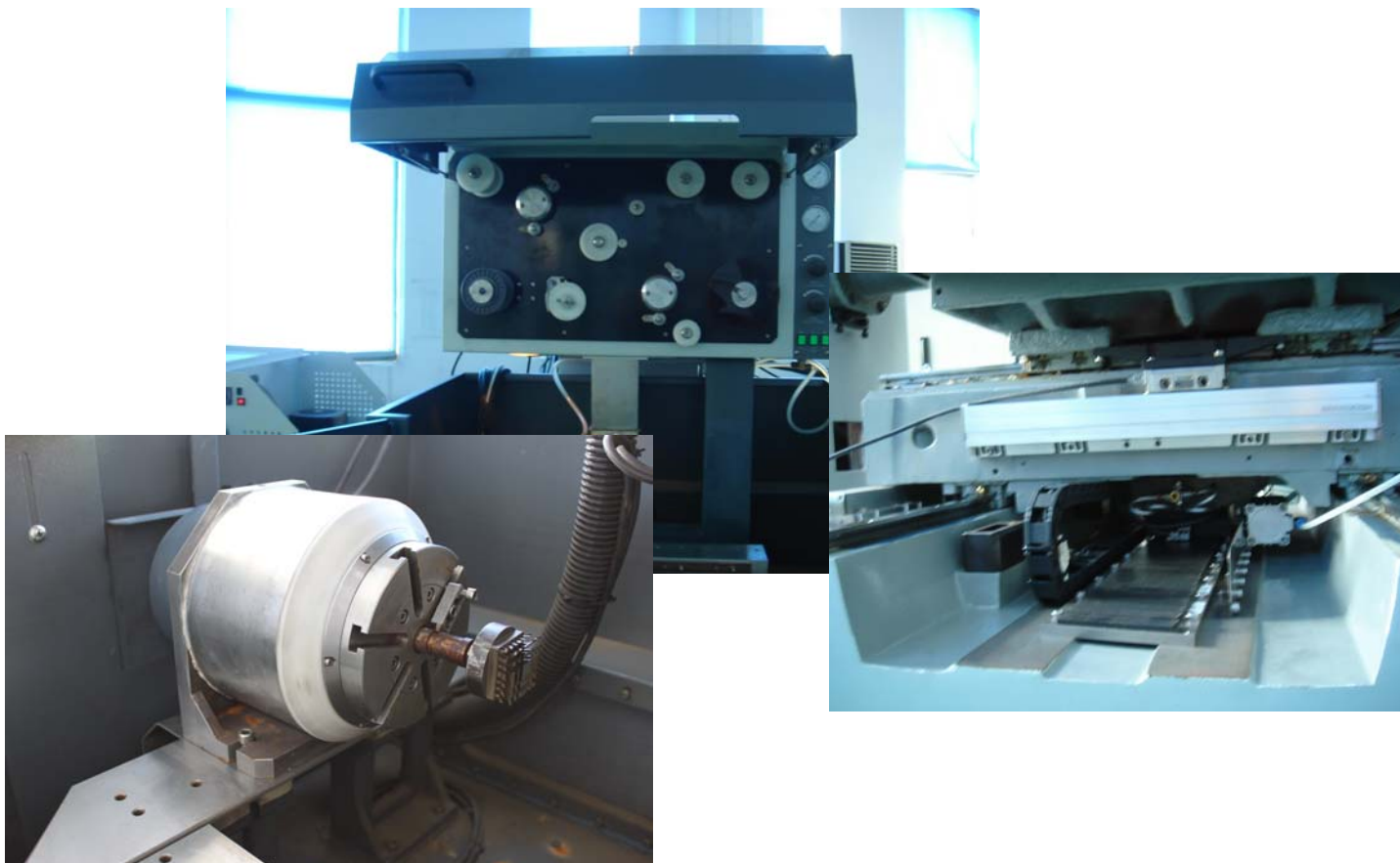


数控单向走丝电火花线切割机床



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



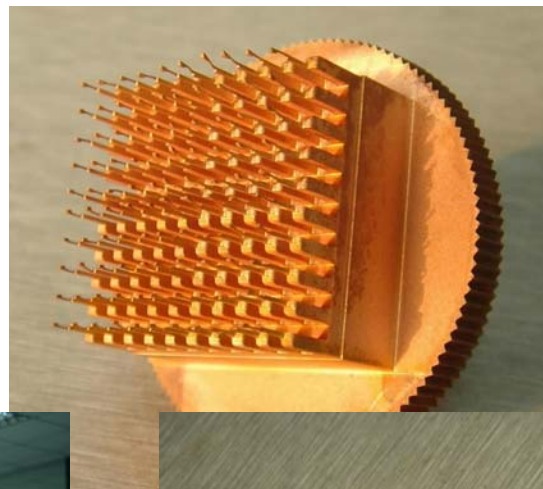
细丝切割、高精度A轴及直线电机驱动技术



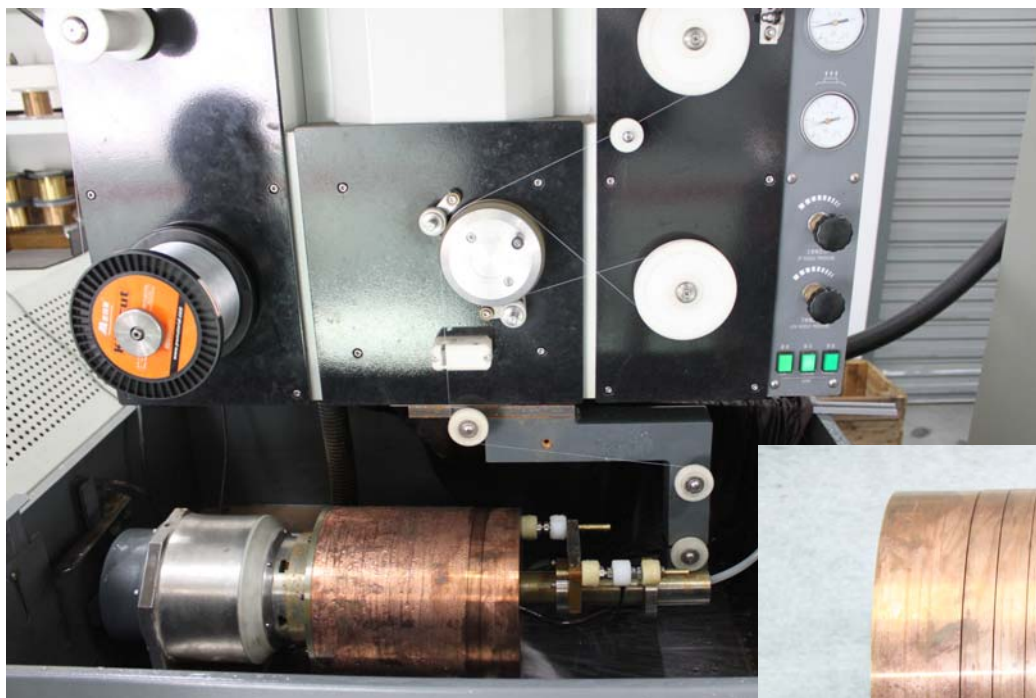
精密复杂零件的切割



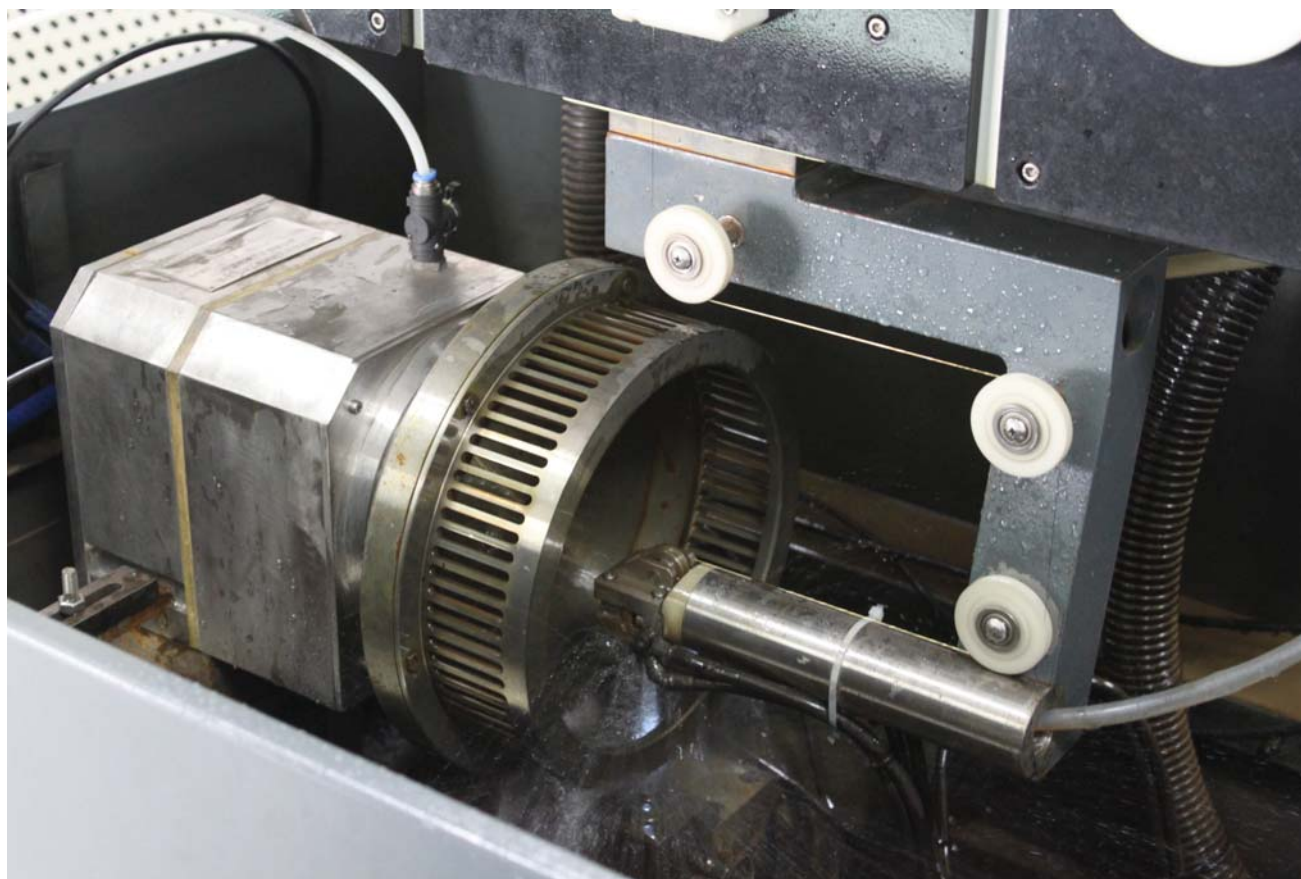
上下异形零件的切割



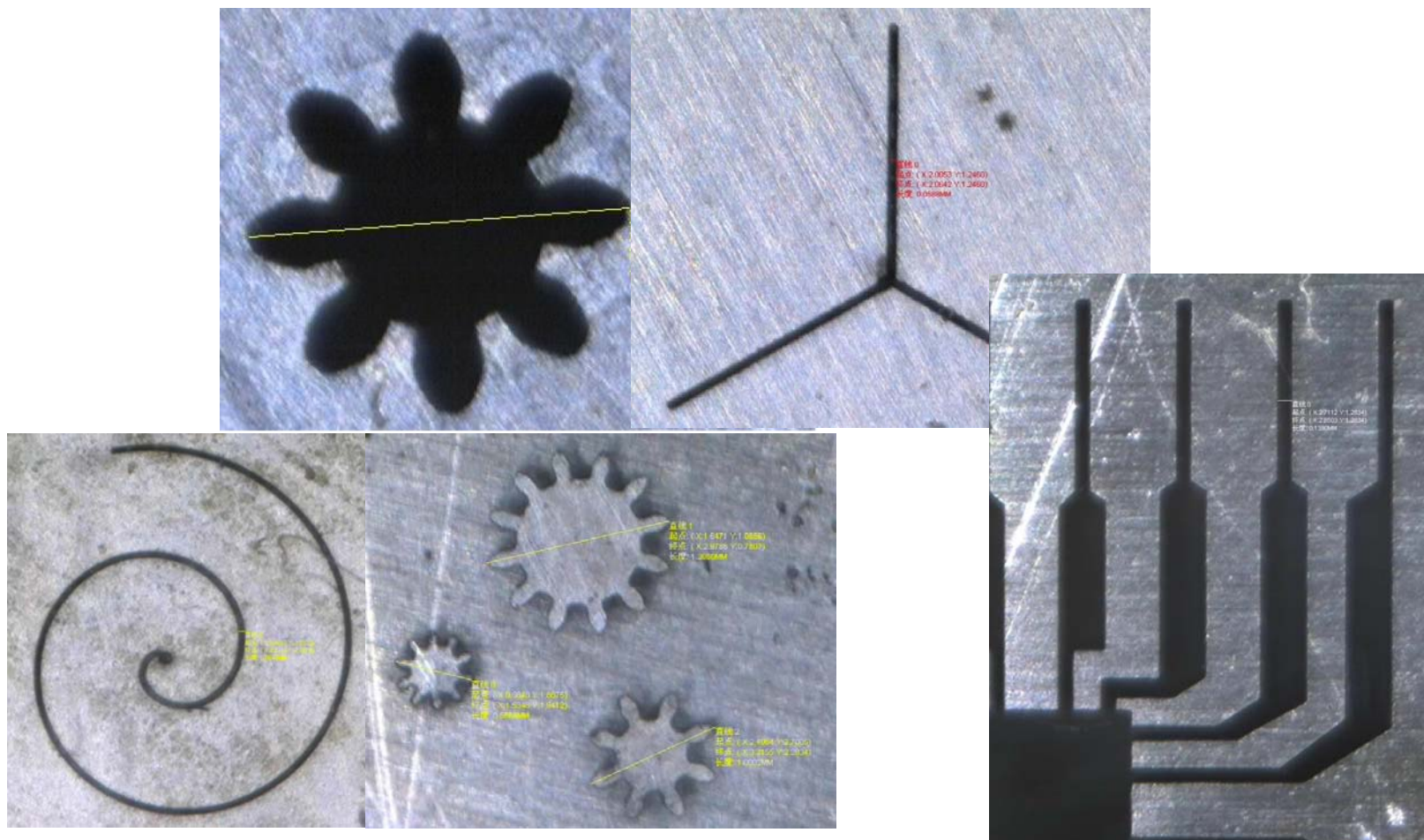
用精度A轴及X、Y、U、V轴联切割的复杂零件



用精度A轴及X、Y、U、V轴联切割的螺旋槽



精度A轴参与切割航空发动机鼠笼零件

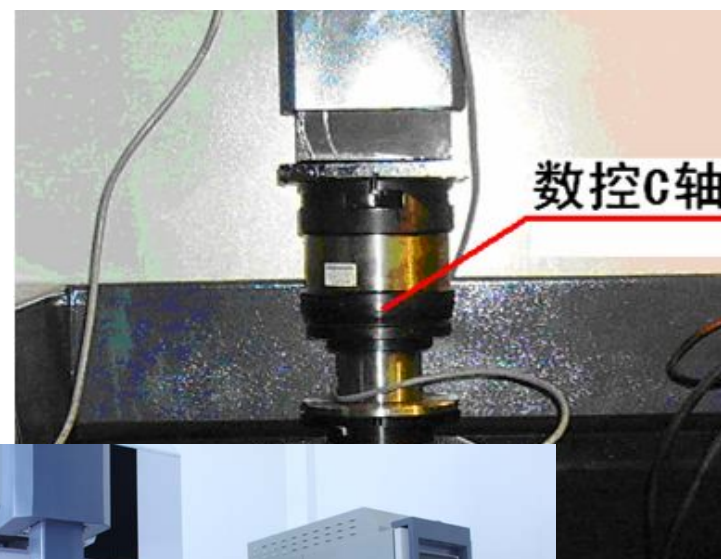
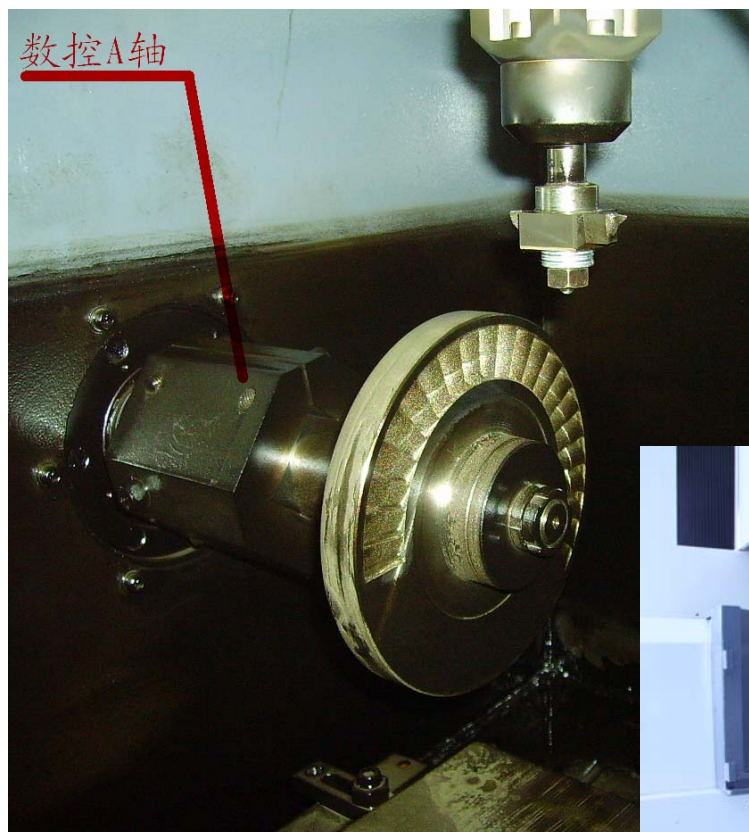


细丝切割的各种零件

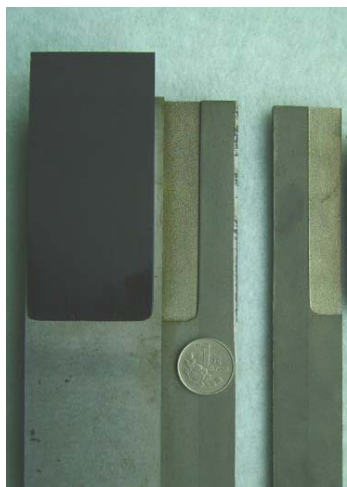
二、数控电火花成形加工技术及机床



国家科技重大专项课题五轴数控电火花成形机

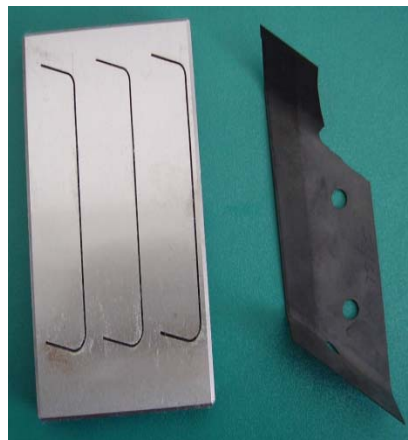


国家科技重大专项课题五轴数控电火花成形机



深窄槽加工

电极材料: 石墨;
电极形状: 楔状
尖端厚: 1.5mm
锥度: 1.45° / 单边
电极宽度: 55mm
加工槽深: 98.2mm
加工条件: 高速抬刀
/无预加工/不冲油
加工时间: 14小时



窄缝(封严槽)加工

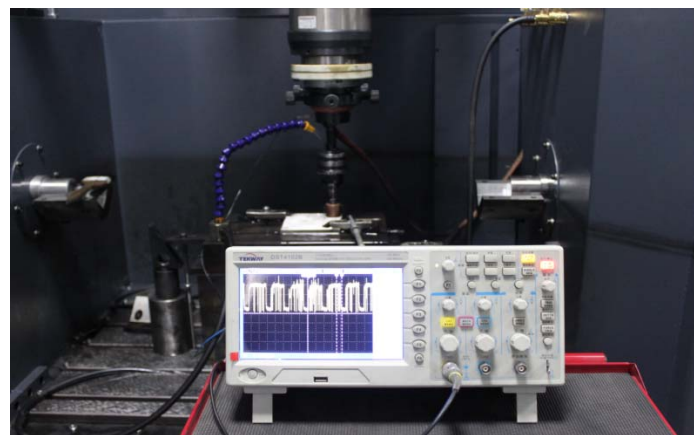
电极材料: 石墨
电极厚度: 0.7 mm
缝长: 162 mm
加工深度: 20 mm
加工条件: 高速抬刀/
不冲油
加工时间: 2小时52分



◆在项目样机上为中科院成都光电技术研究所进行了“高速倾斜镜大口径单晶硅镜体”的一次性成形加工，经光电技术研究所检测中心测试，完全满足其研发要求，解决了单晶硅材料的成形加工难题。



带冠扭曲叶形整体涡轮盘五轴联动电火花成形加工用电极



微精电源加工样件

Ra 0.15 μ m

电极：铜

ϕ 25mm

三、数控高效放电铣加工技术及设备

在航天、航空制造业中有大量用超粘、超硬及高温耐热合金等材料制作的零件，如发动机的机匣、盘件、叶片等。这些零件在加工中往往需要去除较大的余量，但金属切削机床加工这些材料难度很大，效率低，刀具消耗大，设备昂贵，加工成本大，是加工制造中的“瓶颈”。

如某公司加工一个用高温耐热合金制造的机匣，要去掉20多公斤的余量，用价值上千万的加工中心加工，要用30-40小时，刀具费用数万元，加工周期及费用都相当大。

数控高效放电展成（铣）加工技术就是为了解决这类零件的高效去余量问题而研发的。

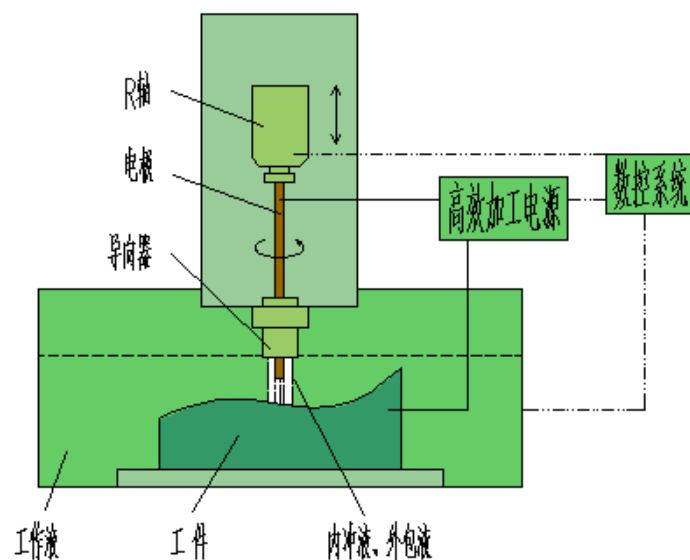


苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd

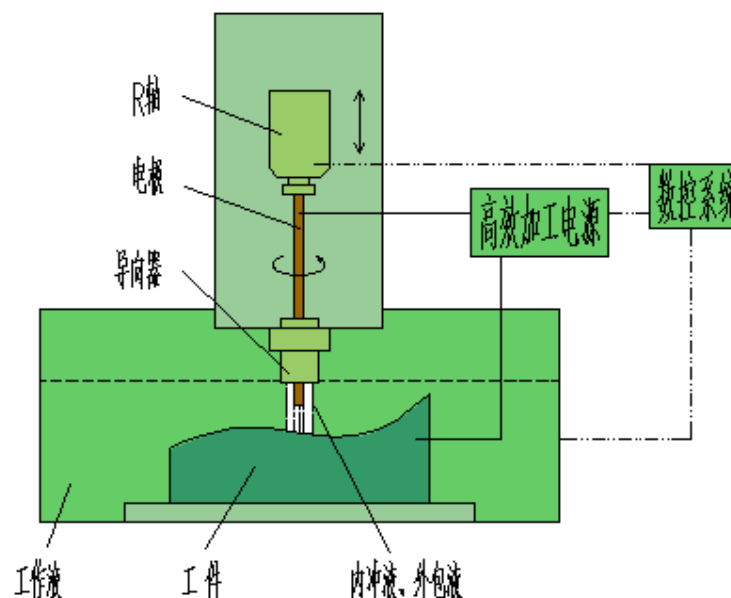
- 该项目是863计划课题；
- 该项技术是我国完全自主原创；
- 已获4项国家发明专利；
- 已在我国航空发动机骨干制造企业410、420、430等厂应用。

该技术采用简单的铜管作电极，由导向器导向，在电极与工件之间施加高效高频脉冲电源，主轴带动电极在伺服系统控制下作伺服进给，在电极与工件之间产生高频脉冲放电，有控制地蚀除工件。



图一 数控高效放电展成加工基本原理图

其控制轨迹由UG或其它软件生成数控代码，通过数控系统进行四轴联动三维曲面的高效放电加工。加工中不仅工件浸泡在工作液中，而且还使高压水质工作液从电极的内孔喷出，对加工区实施强迫排屑冷却，保证加工顺利进行。为保证加工精度，数控系统在加工过程中对电极进行在线检测补偿。



图一 数控高效放电展成加工基本原理图



为成发410、430研制的数控高效放电铣设备



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd

加工对象



发动机机匣加工

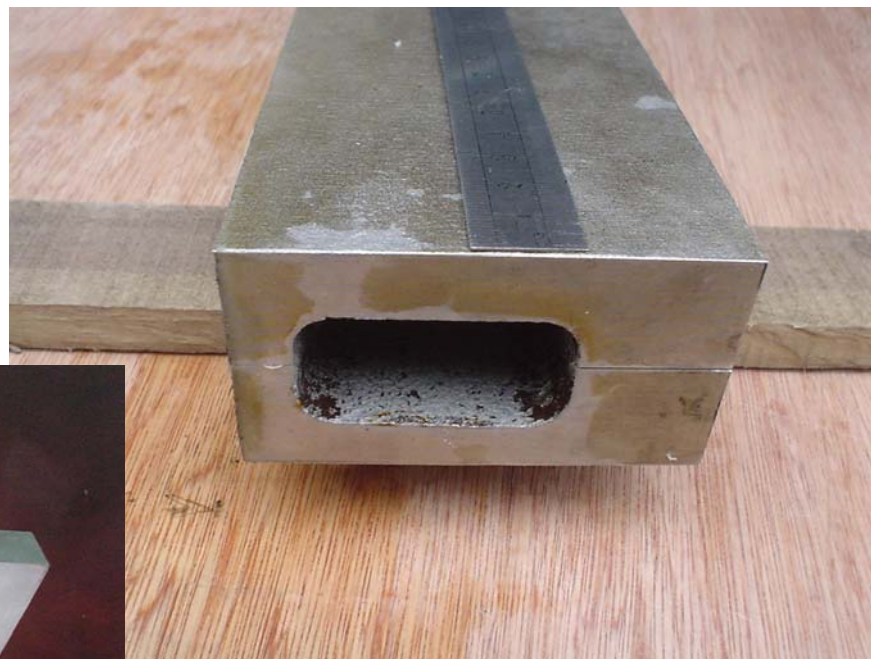


用数控高效放电铣加工的高温合金整件叶盘叶片

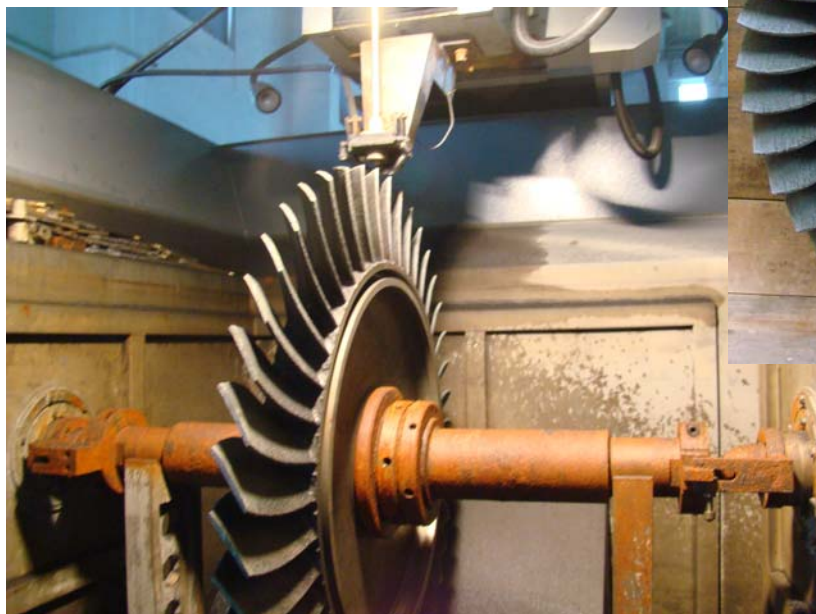


苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



高效数控放电铣加工的深槽



为沈阳606所加工的钛合金整体叶盘扭曲叶片

数控高效放电铣的技术优势：

1、不用制作复杂成形电极。

2、加工成本低。

电极费用是刀具费用的 $1/10—1/20$ 。

设备购置费是加工中心的 $1/10$ 。

3、加工效率高，比数控铣加工高 $30—50\%$ 。

4、采用水质工作液，设备使用安全。

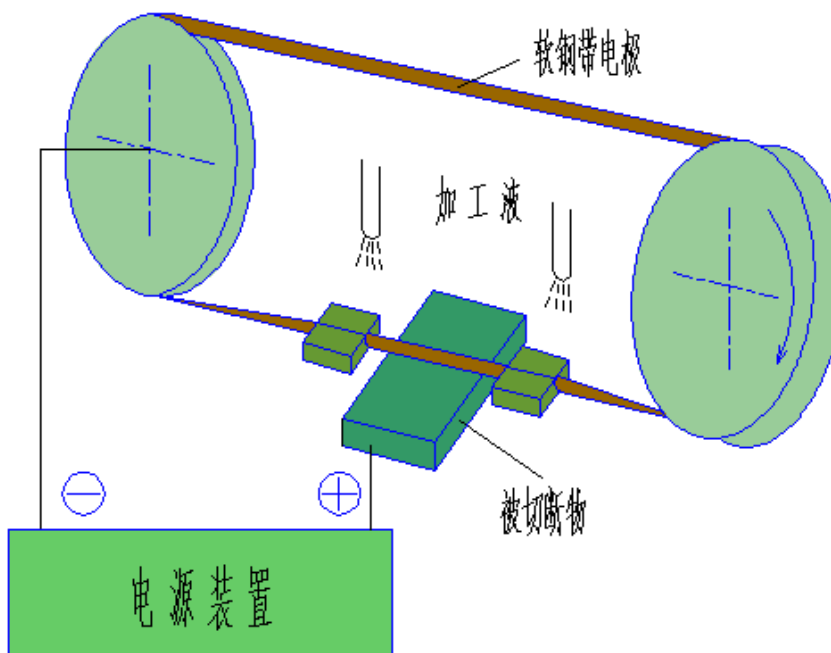
四、高效阳极机械切割专用设备

本设备主要用于高耐热合金、高铬高镍类钢、钛合金等难加工材料的切割。



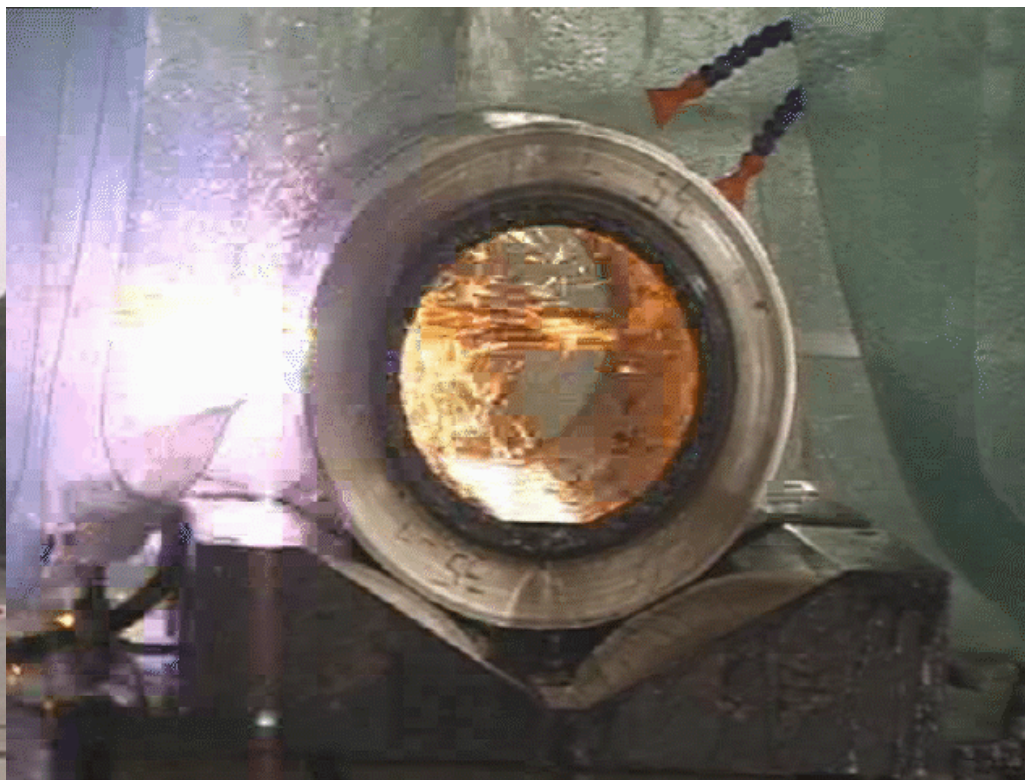
图一 D4660高效阳极机械切割专用设备

设备采用普通环形软钢带作工具电极，套挂在走带机构的钢轮上，并使之保持一定的张力，钢轮旋转带动钢带电极作高速运行，工件被安装在工作台上，使钢带电极和工件分别接上电源两极，在加工区注入绝缘工作液，当电极趋近工件时，由于电极高速运行及在工作液介质的作用下，电极与工件局部发生瞬间的火花放电，产生高热将工件金属局部熔解，熔屑随工作液及电极带动离开加工区，两极再恢复绝缘状态。由于这一过程在瞬间完成且反复持续不断，从而实现了工件的高效切割加工。



图二 阳极机械切割原理图

应用情况



已为上钢五厂提供了3套设备，最大切割直径可达1000mm以上。

主要技术特点

- 1、切割难加工材料。
- 2、效率高，可达 $2000\text{mm}^3/\text{min}$ ，是带锯切割的5-6倍。
- 3、切缝窄 $\leq 2\text{mm}$ ，节省贵重金属。
- 4、电极费用很低，用普通软钢带作电极。



切割的试件



正在切割加工

切割结果对比：材料：高温耐热合金，直径 $\phi 50\text{mm}$ 。

结果项目 \ 切割方法	机械阳极切割	带锯切割
切割刀具	软钢带	进口带锯
刀具费用	忽略不计	约1000元人民币
切割时间	约1小时	约8小时
切割宽度	$< 2\text{mm}$	约4mm



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



为宝桥、长桥研制的阳极机械切割专机

五、数控钛合金电火花高效加工技术及设备

在我国航空航天制造业中，有许多的零部件是用钛合金材料制造的，该材料超粘、耐热，不仅传统的金属切削机床很难加工，而且采用一般的电火花加工方法，加工效率也极低，电极与工件之间极易拉弧，电极损耗严重且不规则，工件极易烧伤，成为制造过程的难题。

根据航天航空制造业的要求，本公司经过大量实验研究，成功地开发了钛合金电火花高效加工的专项技术。

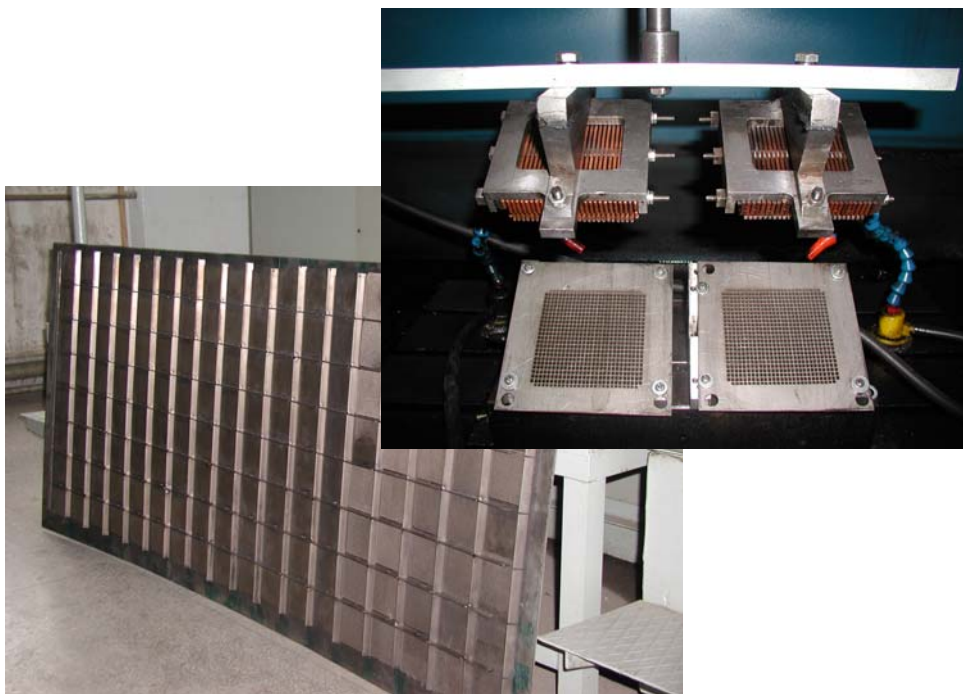


加工工件：三角形截面长约15mm，
宽：一头1mm，一头3mm，深：13
mm。

原用进口机床加工：20多小时/槽
用研制的专用设备加工：1小时/槽

图一 为黎明公司研制的钛合金加工专用设备

沈飞钛合金网板加工



该零件长1800mm，宽800mm，厚3mm，要在其上加工近10万个 2.5×2.5 的斜方孔，孔壁之间的厚仅0.55mm。这些孔分144个区，每个区有600多个方孔，近10万个孔的加工不允许出现废孔，而工件本身的价值又很大，加工难度和要求都很高。我们提供的设备，经在沈飞实际加工验证，不论是在加工质量、可靠性方面，还是在加工效率方面都优于从俄罗斯进口设备的性能，一开始改造了一台设备，现已全部完成4台设备的改造。

图二 沈阳飞机制造集团公司钛合金网板加工

该零件需电加工一型腔，直径约150mm，深约120mm左右，材料很特殊，原用一般的电加工设备加工，花了1个多月的时间，也未加工出来。

我所用钛合金电火花加工专项技术进行了试验加工，只用了10多个小时就顺利完成了加工，用户很满意，并购置了设备。



北京211厂钛钨铝零件的电火花高效加工

六、数控高效电火花小孔加工技术及设备

航空发动机或燃气轮机的零部件在工作中都要承受很高的温度和应力，因此必须利用特殊的材料来制造，并在这些零件上加工出许多发汗孔，用以冷却散热。随着对航空发动机动力性能的要求越来越高，对其零件的孔加工要求也在不断增加和提高。

航空发动机小孔加工的基本要求：

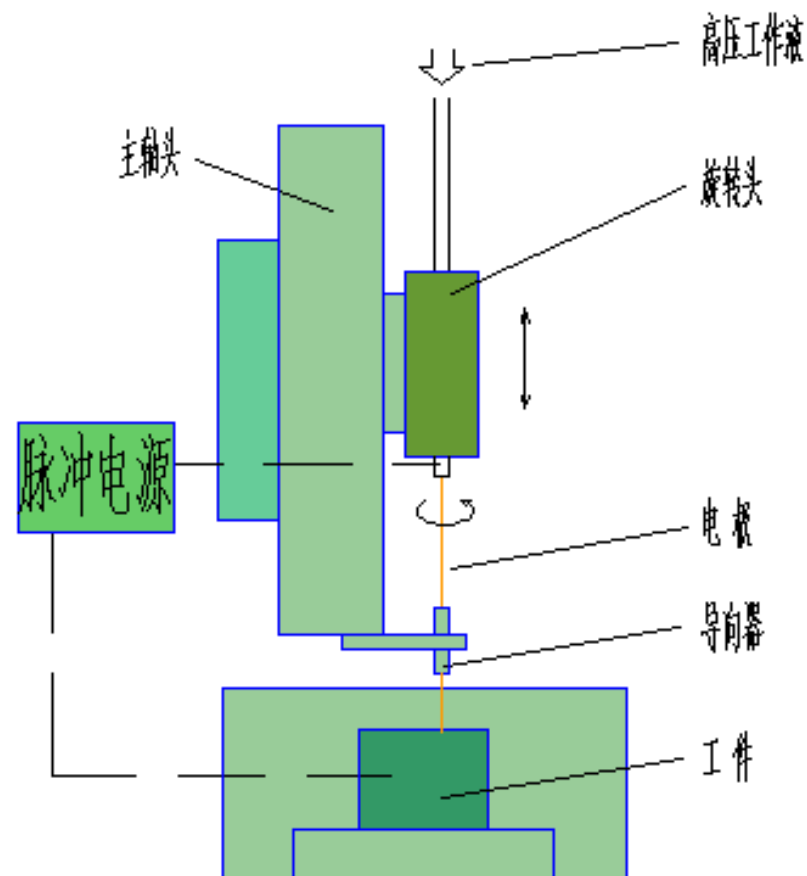
- 1、材料特殊，机械钻无法加工。
- 2、表面质量要求高，表面重熔层厚度要求严格，表面不能有烧伤，表面不能有微裂纹。
- 3、空间位置复杂。
- 4、加工深度要控制。
- 5、孔的精度要求较高。
- 6、孔的数量多，要求加工效率高。
- 7、孔的形状多样，一般为圆孔，也有腰形、三角、方形、竹节等形状的孔。



各种航空发动机零件小孔加工

高速电火花小孔加工技术的基本原理

高速电火花小孔加工采用铜管作为电极，由导向器导向，在电极与工件之间施加高频脉冲电源，加工时主轴带动电极在伺服系统控制下作伺服进给，在电极与工件之间产生脉冲高频放电，有控制蚀除工件。加工中，高压水质工作液从电极的内孔喷出，对加工区域实施强迫排屑冷却，保证加工的顺利进行。



该种加工技术加工的特点：

- 1、孔径范围一般在 $\phi . 03 \sim 3\text{mm}$;
- 2、深径比能达到300：1以上;
- 3、加工速度一般能达到30~60mm/min;
- 4、能直接从斜面、曲面穿入;
- 5、不受材料的硬度及韧性限制;
- 6、除了能加工一般的导电材料外，还能顺利加工不锈钢、硬质合金、淬火钢、高温耐热材料、钛合金、导电陶瓷等其他一些难加工材料;
- 7、直接使用自来水作为工作液，既经济又符合环保要求。



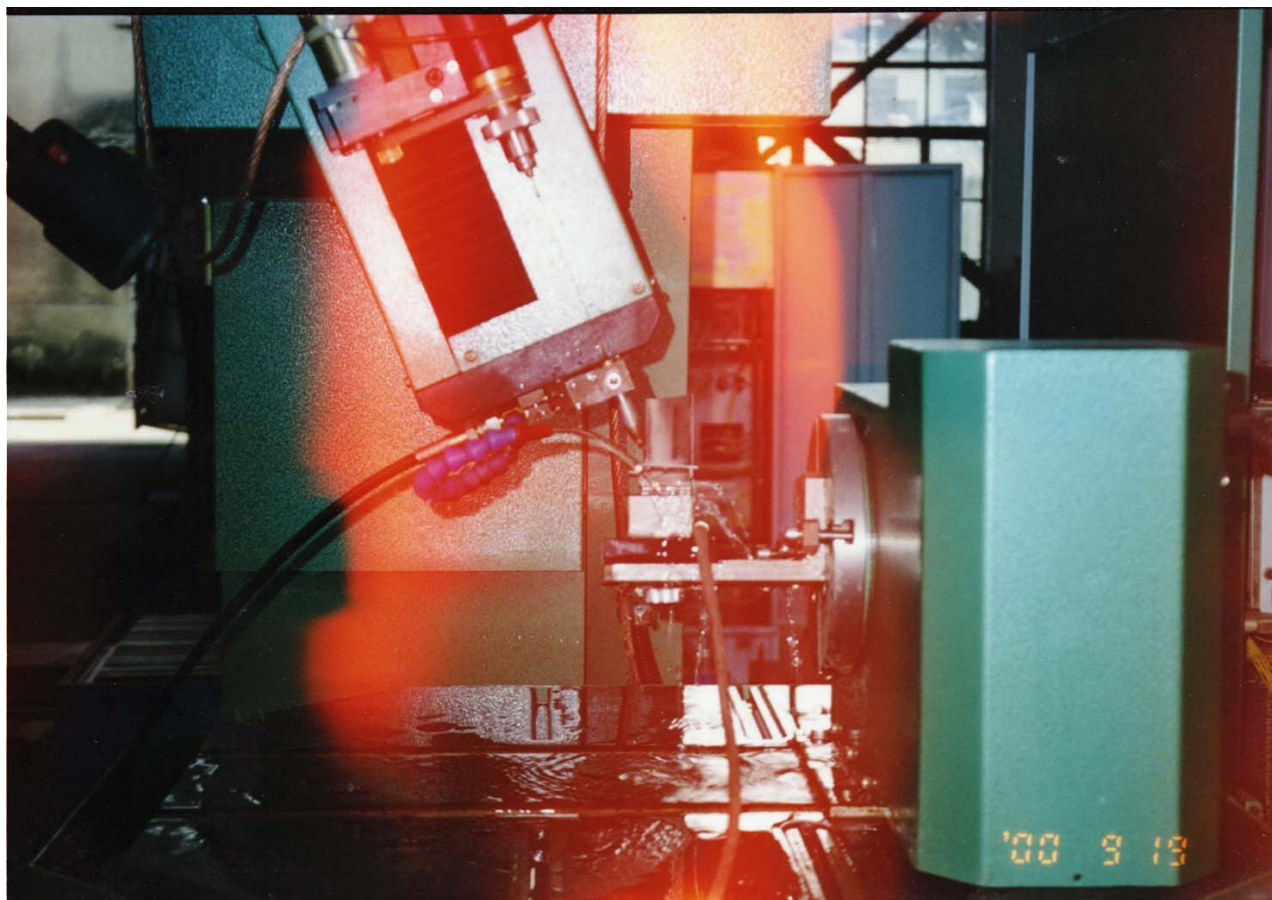
该设备配置了8个运动轴，其中7个是数控轴。7个数控轴中，有5个直线数控运动轴，2个数控转动轴。采用了交流驱动技术。该设备采用了多项工艺及控制专用技术，以满足这类零件对孔表面质量和精度要求。如加强对加工状态的快速检测以对脉冲电源进行适时控制，对电极进行修整，对加工的零位及深度的控制，对加工过程的限时控制，对工作液的压力、流量及电导液的检测、控制等。

图一 ZT-018多轴数控高速电火花小孔加工设备

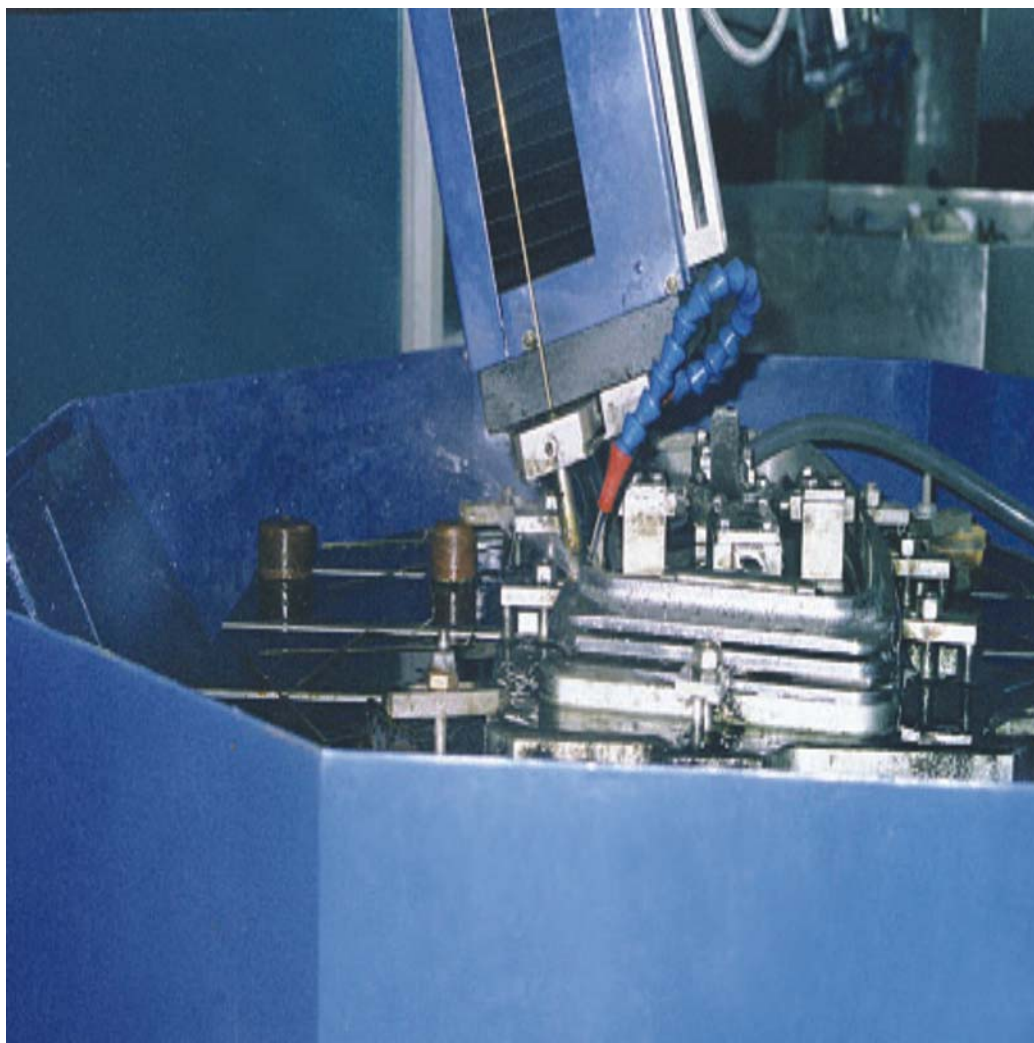


苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



正在加工发动机叶片小孔



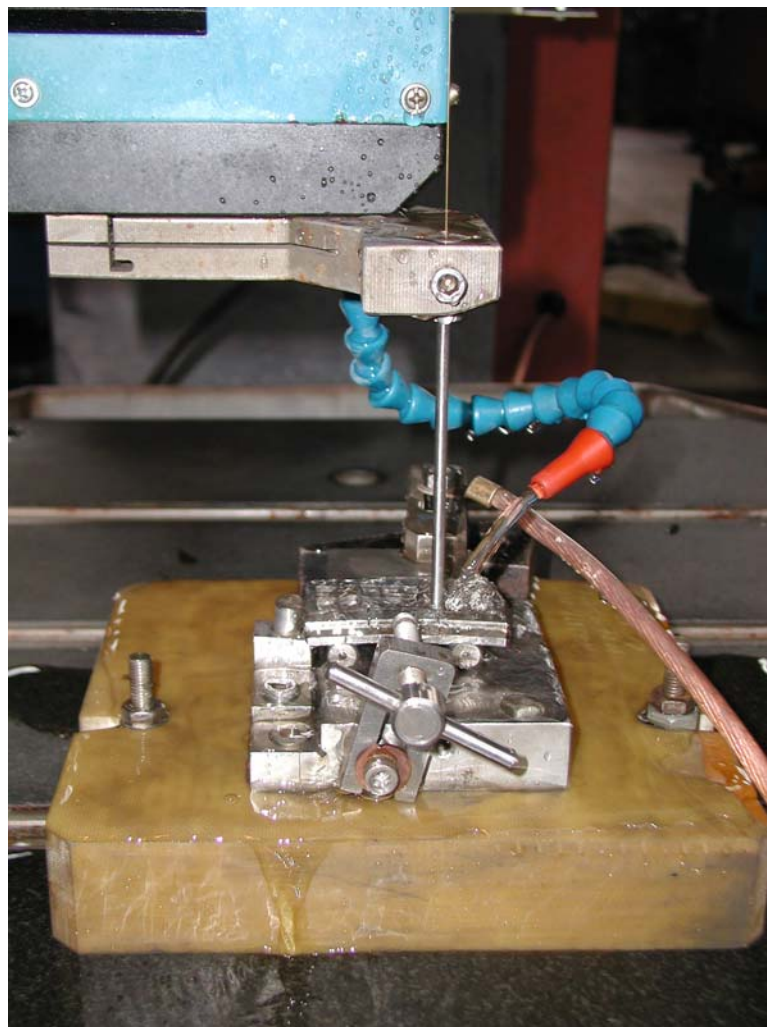
正在加工火焰筒安装边小孔



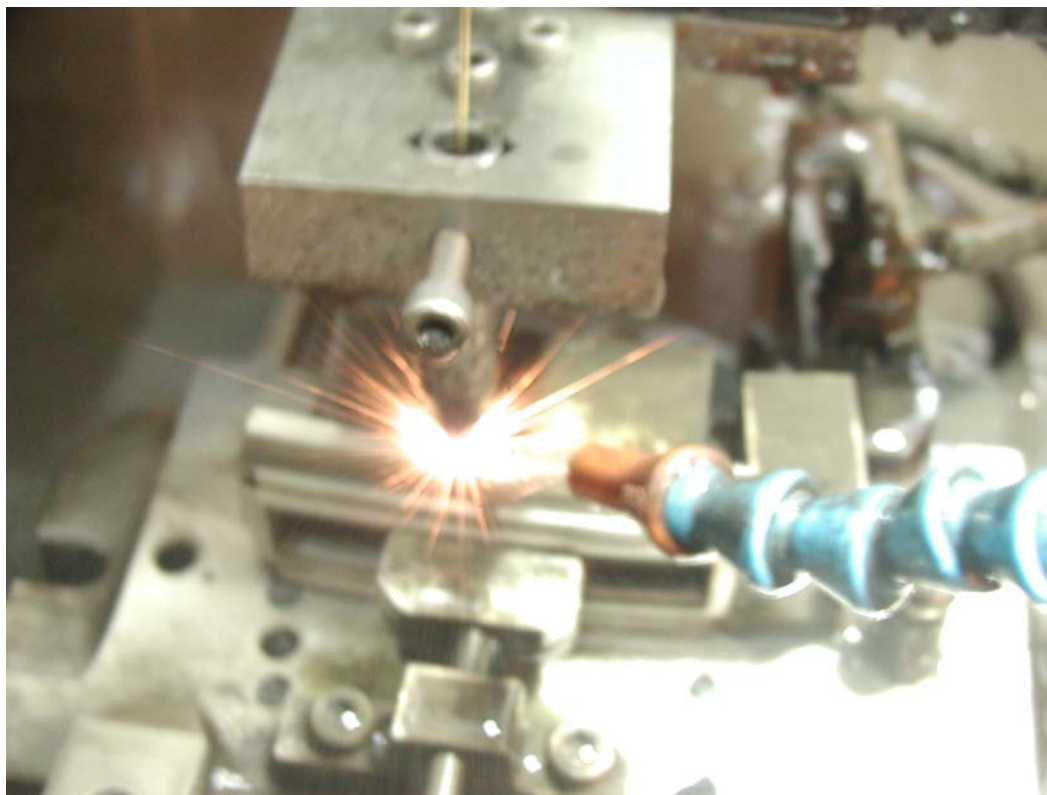
正在加工多层环件小孔



正在加工三联叶片上的小孔



正在电火花铣腰形孔



正在加工高压涡轮外环上的气膜孔



正在加工发动机叶片气膜孔



苏州电加工机床研究所有限公司

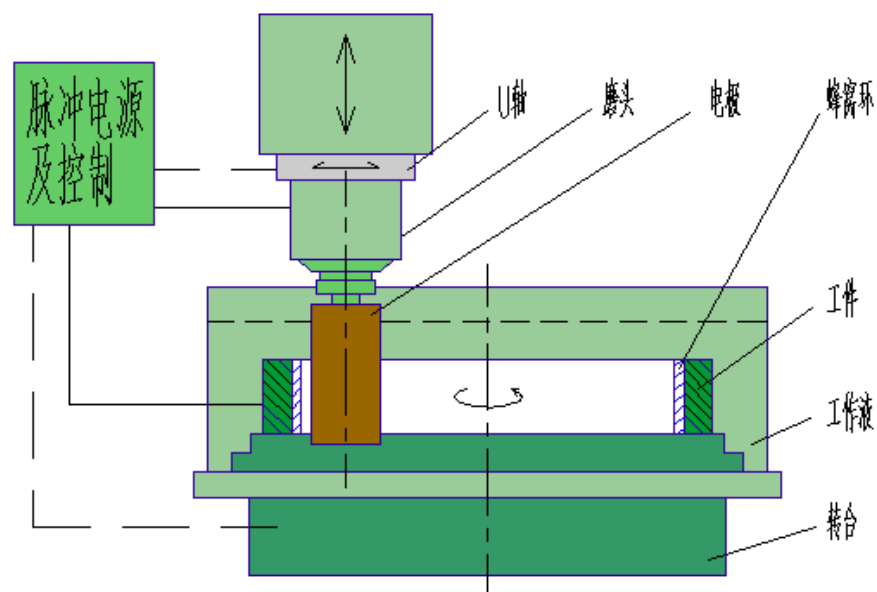
Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



正在导弹加工发动机燃油喷孔

七、蜂窝环数控电火花磨专用设备

航空发动机蜂窝环是由薄金属片压制的，蜂窝状的复杂构件，在航空发动机中起关键的密封作用，其机械切削会引起变形而无法加工。本所利用电火花加工无切削力的特点，为飞机发动机制造企业研制了这种环形件内、外圆蜂窝环电火花磨削专用设备，加工精度和表面质量都达到了用户提出的要求。



如图所示，在工件中及电极之间施加高频脉冲电源，工件浸泡在工作液中，加工中转台带动工件转动，电极由磨头带动回转，u轴在伺服系统的控制下，进行径向的伺服进给，完成电火花磨削加工。

蜂窝环电火花磨原理图



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



蜂窝环电火花磨加工



设备主机设置了X、Y、C、Z、U、R轴。备轴均采用进口交流伺服电极驱动。

X、Y、Z轴完成电极与工件之间三个方向的相互位置调节，也可在加工中独立地作伺服运动。

ZT-021数控蜂窝环电火花磨专用设备

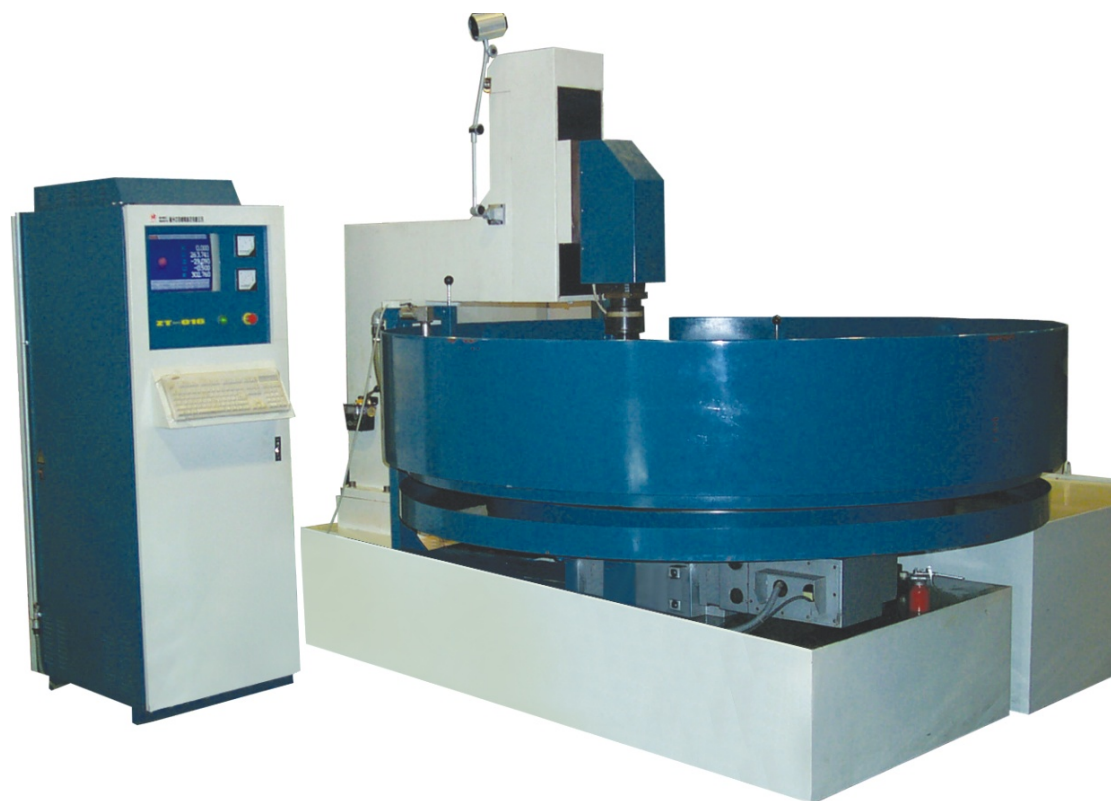
该设备为了高效地进行蜂窝环的加工，在技术上有如下特点：

- 1、在Z轴下端设置了与X轴平行的U轴，在加工中带动电极横向伺服进给，行程较短，惯量小，伺服特性好，明显提高加工性能。
- 2、在U轴下面设置了与工作台面垂直的R轴，电极直接装夹在其中，加工中以设定的速度带动电极旋转，以改善加工中的排屑条件，并使电极损耗均匀。
- 3、配置了数控高精度回转工作台，蜂窝环件安装在其台面上，由进口交流伺服电机驱动，带动工件作伺服回转运动或完成精密分度。数控转台采用进口密封圈密封。
- 4、该机不仅能完成蜂窝环的磨削，还能进行电火花成形加工。



苏州电加工机床研究所有限公司

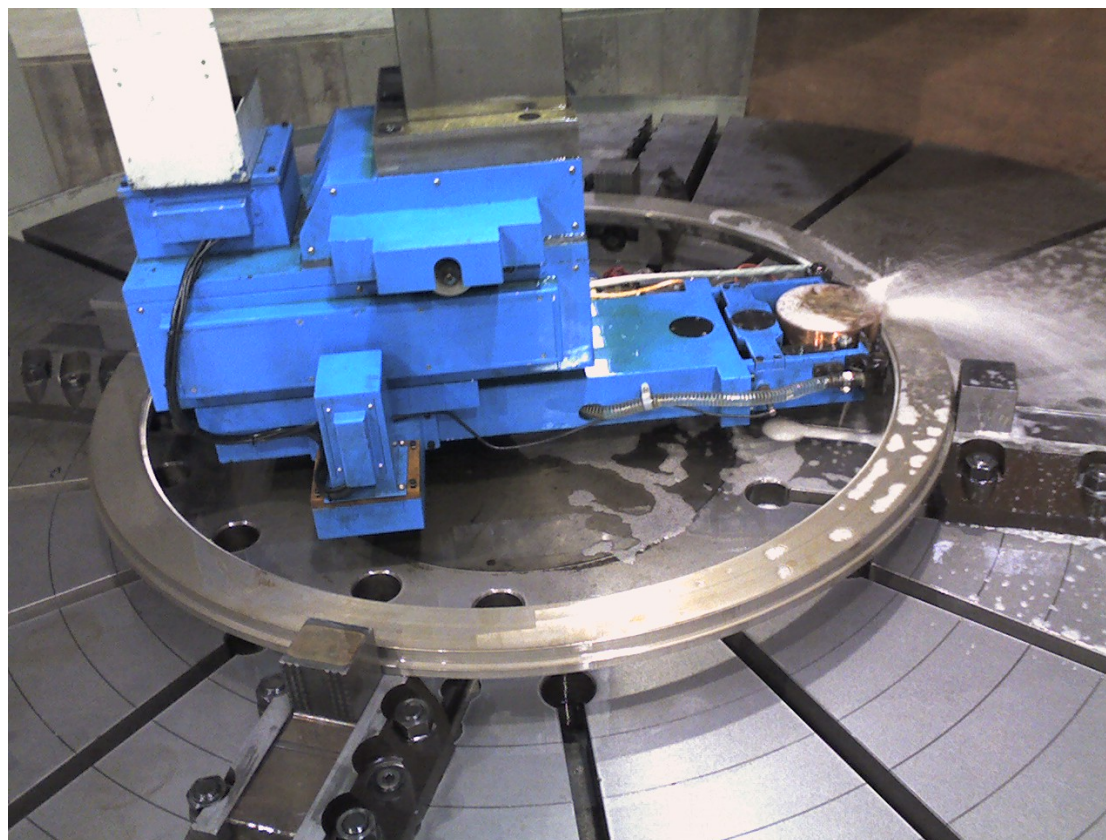
Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



2M蜂窝环数控高效电火花磨专用设备

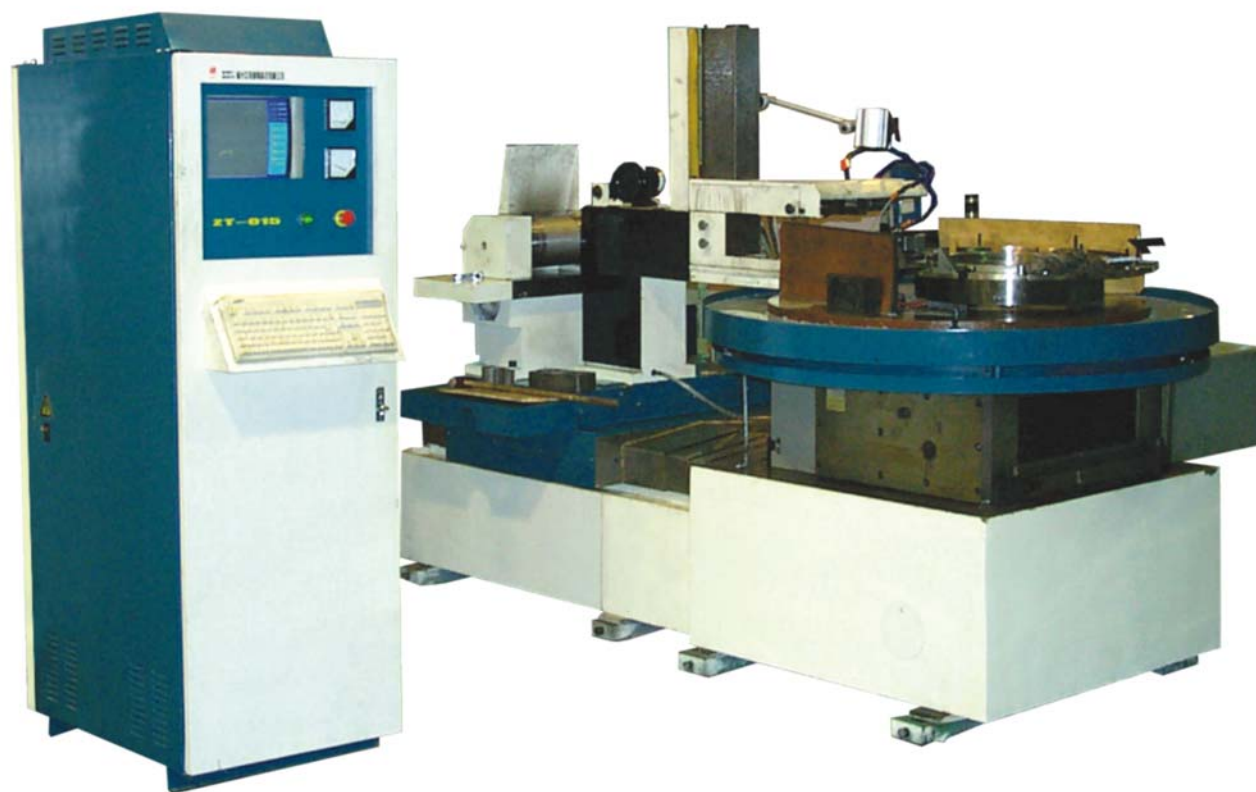


为沈阳黎明重型燃机项目研制的多轴数控大型3M蜂窝环电火花磨专用设备



多轴数控3M蜂窝磨环件电火花磨专机正在试加工

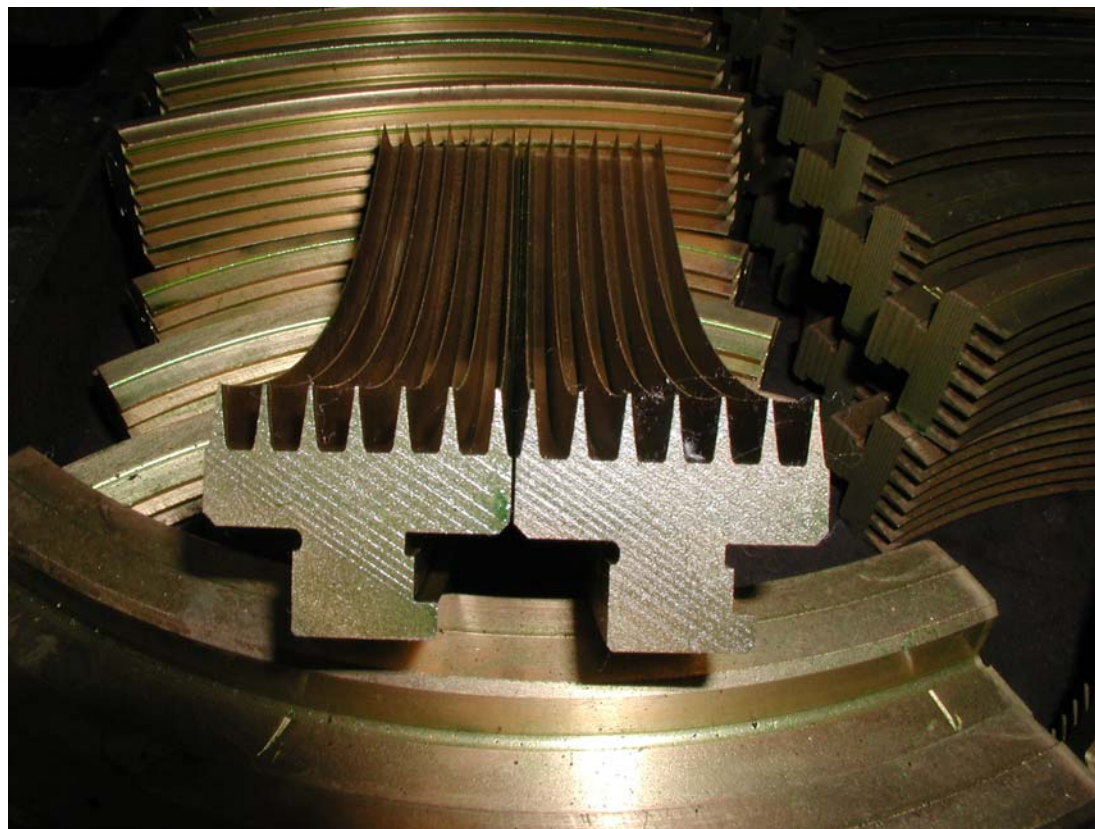
八、大型环件数控电火花线切割专用设备



为沈阳黎明研制2M大型环件数控电火花线切割机



为成都艾特公司研制的环件数控电火花线切割机



为上汽切割环形件

九、高效深孔电火花加工专机



为GE公司研制的高效深孔电火花加工专机



为美国GE公司研制的高效深孔电火花加工设备
正在加工燃气轮机上的特殊部位

十、数控电火花大型燃机叶轮加工专用设备



为上海汽轮机厂研制的双头数控电火花大型燃机叶轮加工专用设备



录象 双头数控电火花大型燃机叶轮加工专用设备

十一、加工舰载装备零件特殊变径环形通道的装备





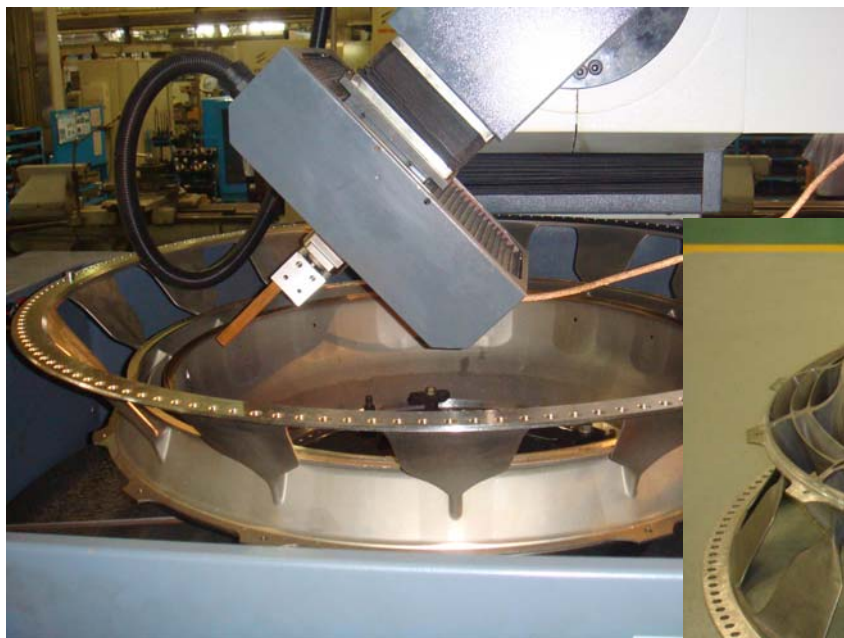
正在加工舰载装备零件上的特殊变径环形通道



加工出的舰载装备零件的特殊变径环形通道

十二、为成发研制的七轴数控电火花成形加工机床





正在加工航空发动机零件成型槽

十三、电化学去毛刺专用设备



DJK6032电化学去毛刺专机



各种电化学去毛刺零件



微细零件的电解加工

十四、精密微孔数控电火花加工技术与装备



五轴数控精密微孔电火花加工设备



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



化纤喷丝板精密喷丝孔加工



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd

各种燃油喷嘴精密喷油孔加工

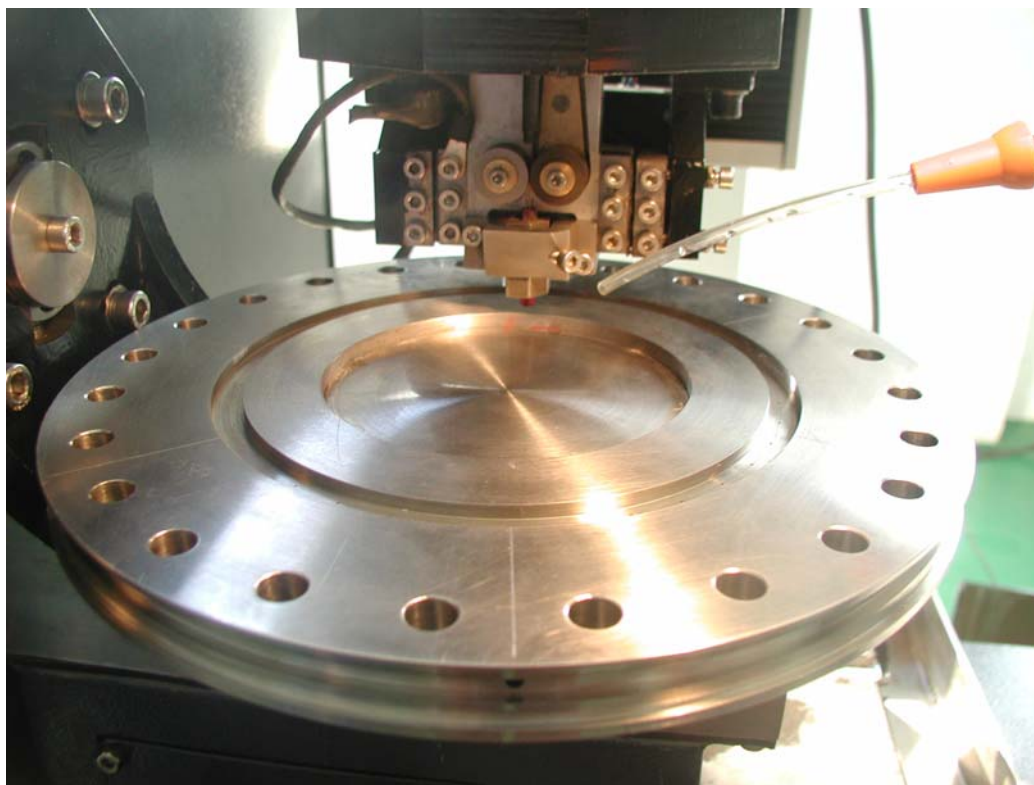


苏州电加工机床研究所有限公司

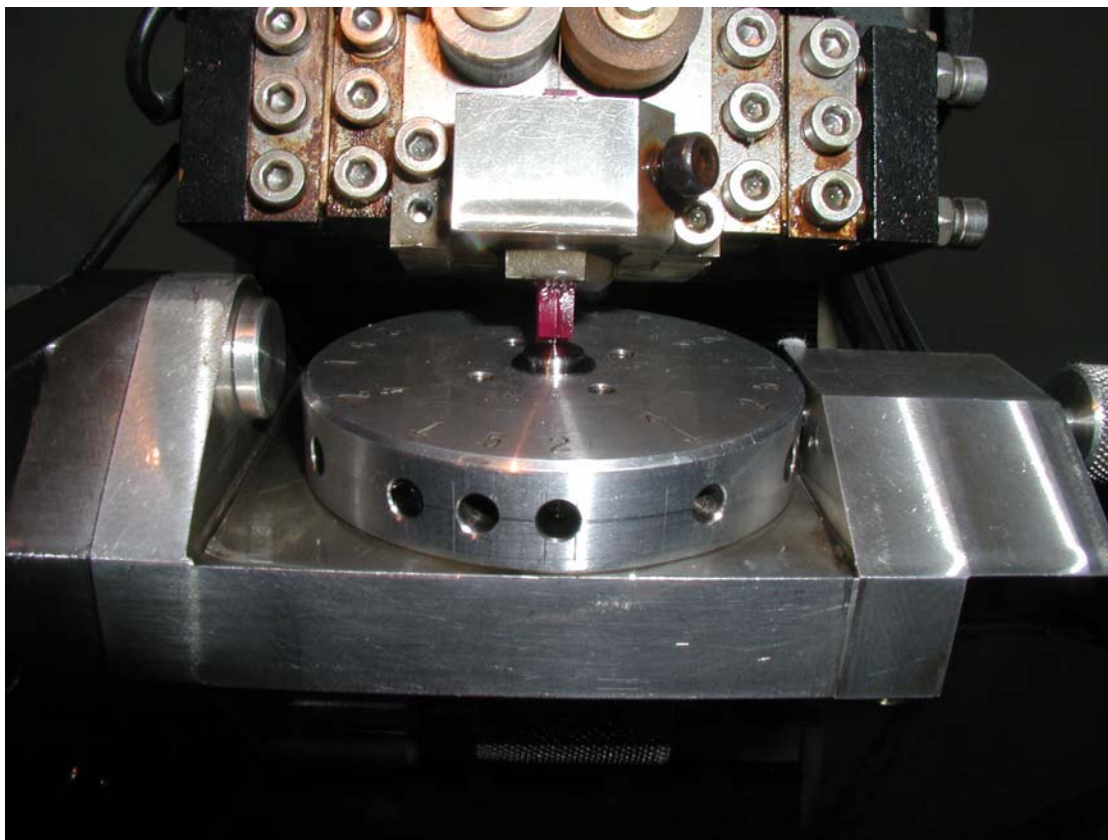
Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



为西安航天7103厂研制的精密微孔加工机床



正在加工航天7103厂火箭发动机燃油喷射器的精密微孔



正在为502所加工卫星发动机上的精密燃油喷孔



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



DCS003金刚石砂轮电火花修整机床



苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



金刚石砂轮修整零件

十五、数控电火花轮胎模加工设备

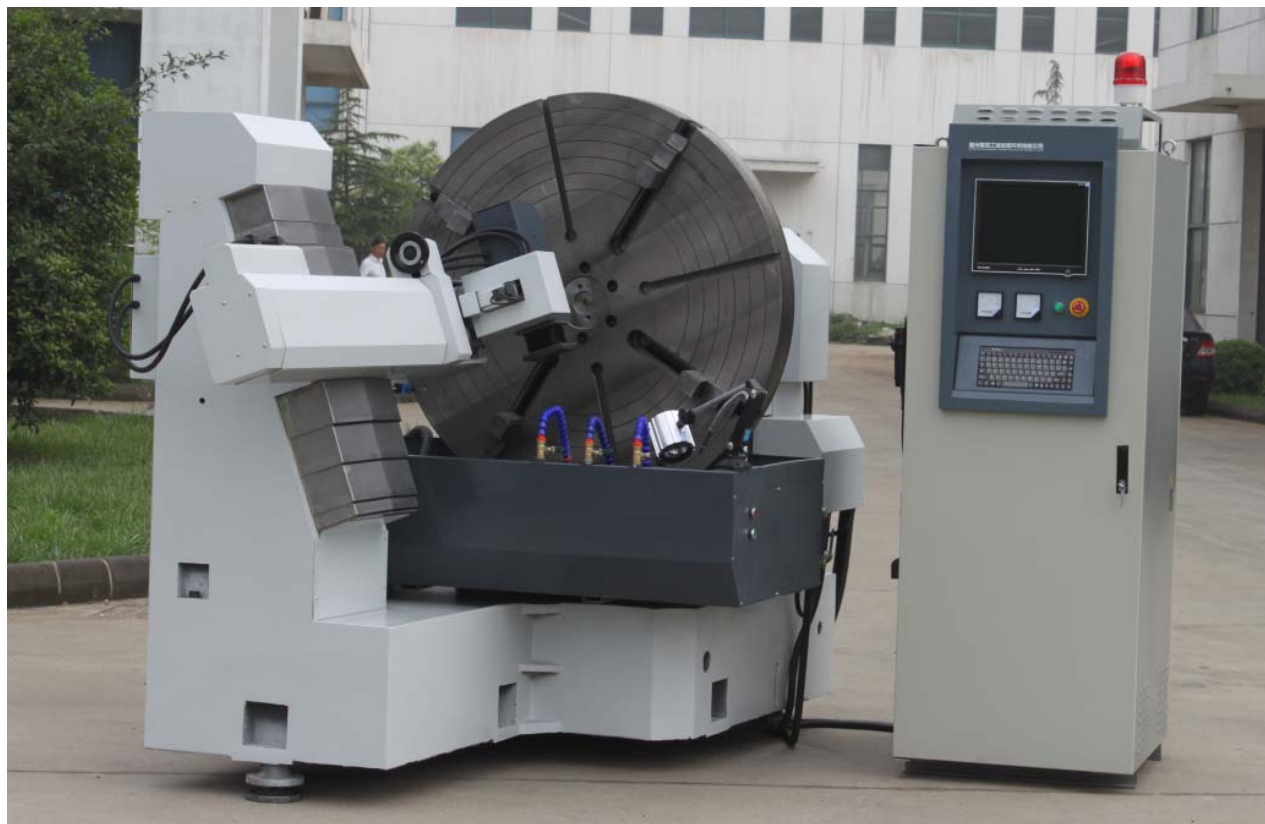


数控电火花轮胎模加工机床

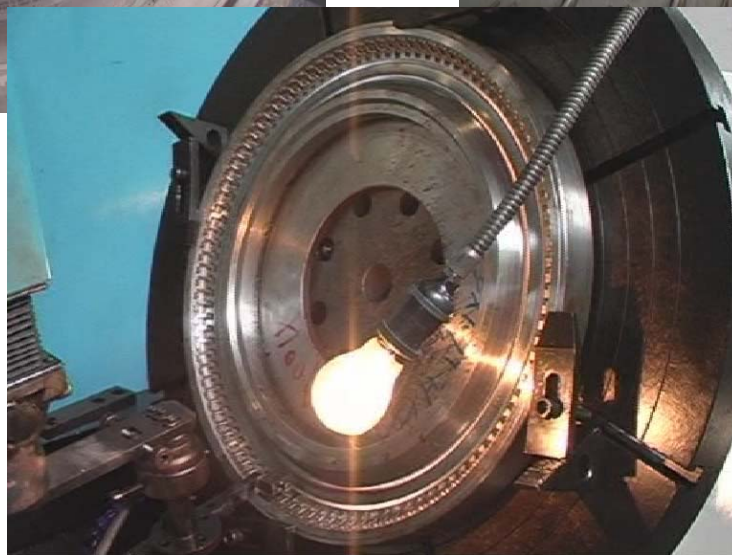


苏州电加工机床研究所有限公司

Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd



五轴数控电火花子午线轮胎模加工机床



精密轮胎模具的加工



正在为成发加工发动机零件上的环状分布的月牙形槽



苏州电加工机床研究所有限公司
Suzhou Electromachining Machine Tool Research Institute Co.,Ltd

谢谢大家!