

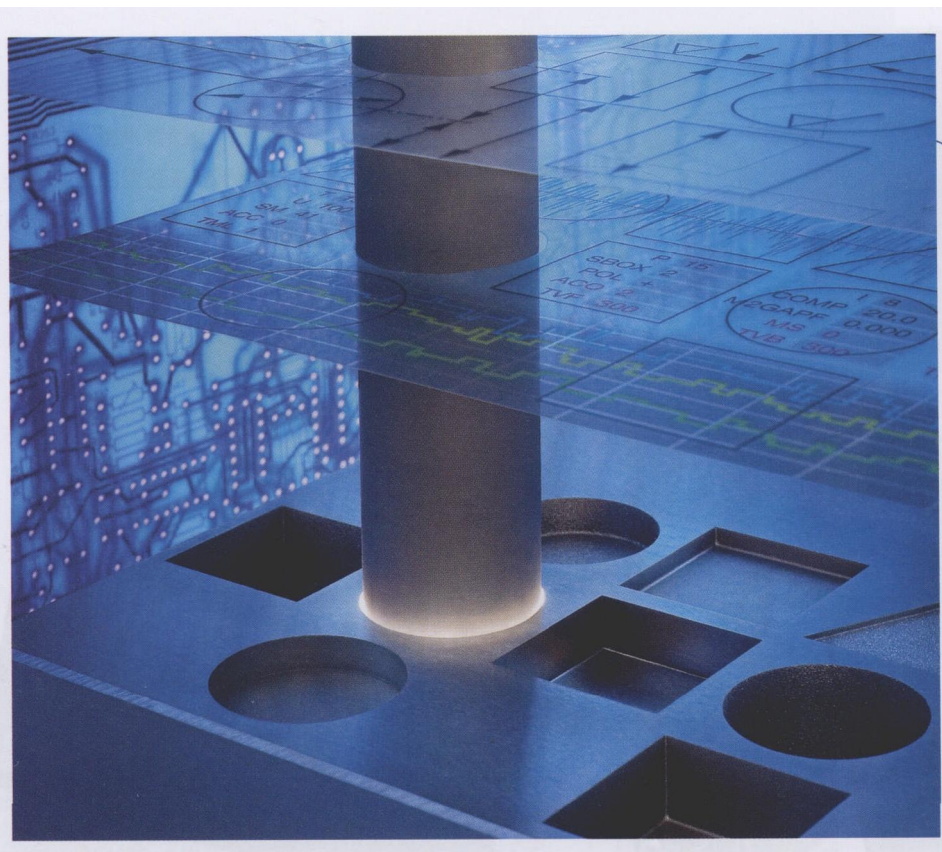


图1 在硬金属工件上的微型孔线切割工艺

EDM

精密喷油嘴微型孔的电火花加工

电火花加工（EDM）工艺在汽车零部件加工领域已经占有了一席之地。现代各类喷油系统几乎都是通过 EDM 工艺实现优化的。

文 | ALEXANDRE DE SOUZA

目前，通过 EDM 工艺技术已经可使微型孔的加工获得极好的表面质量。在实际工作中，燃油可以实现向发动机燃烧室的精确喷射。同时，尾气颗粒物污染水平也降到了欧洲标准的下限。针对直径为 90~500 μm 的常规气门孔喷嘴和盲孔喷嘴，其规格要

视发动机类型而定。一个喷油嘴通常拥有 5~14 个微型孔。

喷油嘴的功能特征

唯有对所需孔径加工的参数作出正确的定义和最佳的调节，才能确保喷油嘴的大批量生产和良好的工艺能力指数（ C_p

和 C_{pk} ），即降低次品率。对于特殊类型的喷油嘴，电火花微型孔还要额外接受 100 bar（1 bar=0.1 MPa）射流压力下的油和硼碳化混合物的液力蚀磨（HE 磨削）处理。通过这种方式，可以使微型孔内壁表面实现均匀的材料剥离，由此获得特别光滑的表面和极佳的圆弧度。

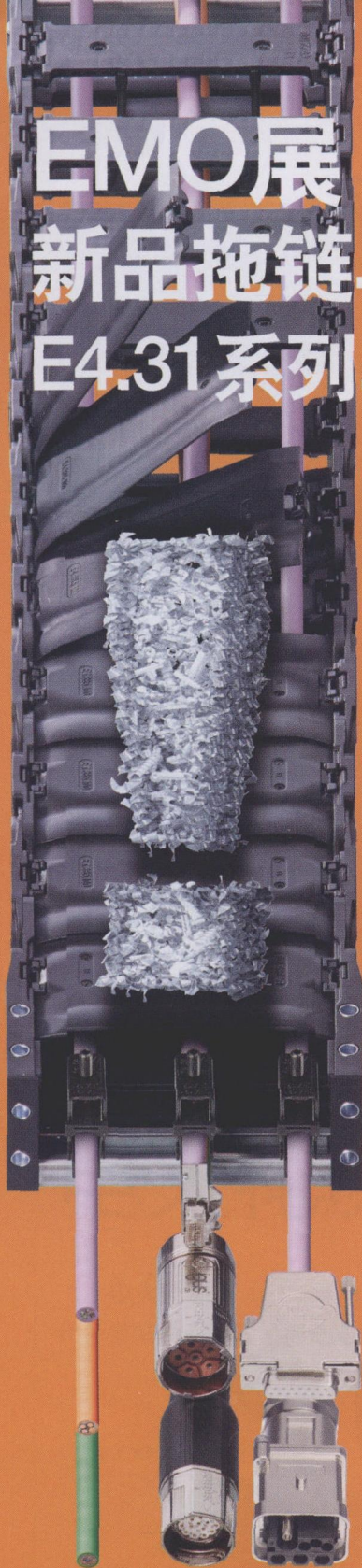
在总的质量控制方面，既要检查内外直径，也要检查仰角度和方位角度。喷油嘴微型孔的另一项重要检验内容便是液力流量。实际上在所设定的检验温度和 100 bar 压力条件下可以采用特定的油品对单位流量进行测定。一旦数值超出公差范围，则表明孔的外形存在着误差，因此必须对 EDM 参数进行审核和纠正。

Agie Charmilles 公司是喷油嘴微型孔电火花加工机床的制造商，其 Agie Quadraton I 系列机床主要由电压发生器和控制系统及电介质单元（泵、电液介质冷却机组、离子交换器的容器）构成。此外，还有精确装卡加工件和电极的工装夹具。通过对 EDM 机床的电气元件和机械部件的正确装配和调节，来实现所需的喷油嘴外形精度。

稳定的电极装置

EDM 机床的放电工作方式会产生很高的温度，从而有利于对材料的切割。放电过程实质上是一种微型闪电，它在电极电压大于周围电介质的绝缘特性时即可产生。在 Agie Quadraton I 系列机床上，电介质是导电性很低的

EMO展 新品拖链... E4.31系列...



去离子化水。在设备上,电极在3个线性轴(U、V和W)上均有自由度,而工件则依靠X、Y和Z轴进行运动,最终实现对各种不同形状的喷油嘴微孔进行加工。

在加工过程中,处于菱形陶瓷导向上的刀具电极沿着W轴运动。无论是工件还是刀具电极均与EDM机床的发电机相连接。这两种部件的准确定位则通过各自相应轴上的精密装卡系统来实现。外形精度和校准质量非常重要,这是因为定位状况是加工过程中所出现的振动强度的主要决定因素。如果刀具电极振动过大,则会导致微型孔的形状偏差超大,这不仅会影响到产品的使用功效,而且会造成次品率和成本上升。此外,Agie Quadraton I系列机床通过一种特殊的功能,可以对刀具电极的磨损进行有效补偿,同时可以实现各轴上的磨损程度的最小化。如果微型孔的外形一致的话,该机床设备还可以同时加工4个喷油嘴。

电介质状况影响加工精度

电介质装置用于对工作介质

进行配备并确保产品的质量。为了达到所需的制造精度,通常采用去离子化的水作为介质。这种介质在15℃温度条件下可以实现低于0.5 mS/cm的导电率。在这种情况下,刀具电极与工件之间的加工间隙即可保持在约50 μm的低水平。

为了使工作介质尽可能地保持在稳定的导电率上,可通过封闭的电介质液力循环对过滤功能、通过离子交换器对导电率的正确设定和通过热交换器对加工过程温度的控制等特征进行监控。

这种采用合成树脂材料的离子交换器随着时间的推移会逐渐聚集加工时所飞溅出来的工件颗粒物,这是造成导电率数值发生偏差的主要原因。故而加工达到饱和度极限时,必须对交换器进行清洗或更换。如果电介质偏离了所需的导电率范围,则还会出现一个不足:微型孔的加工时间会明显延长,这是因为一旦导电率上升,电极与工件表面之间的短路情况就会增加。这时,设备控制系统就会强迫电极进行连续的调整动作,从而造成材料切割

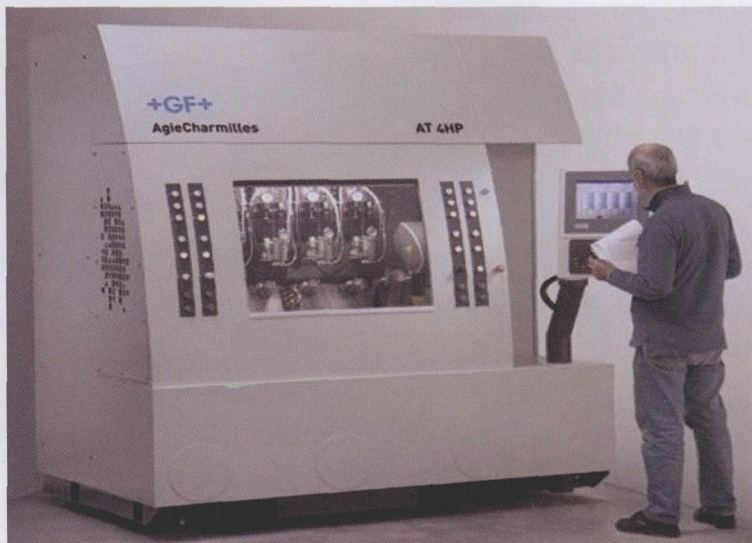


图2 Agie Charmilles 公司的 Quadraton 型 EDM 机床

欢迎莅临EMO展
参观易格斯展台

获取免费门票...

申请免费样品...

参观易格斯科隆工厂...

► 发送申请至:

master@igus.com.cn



igus.com.cn
plastics for longer life®

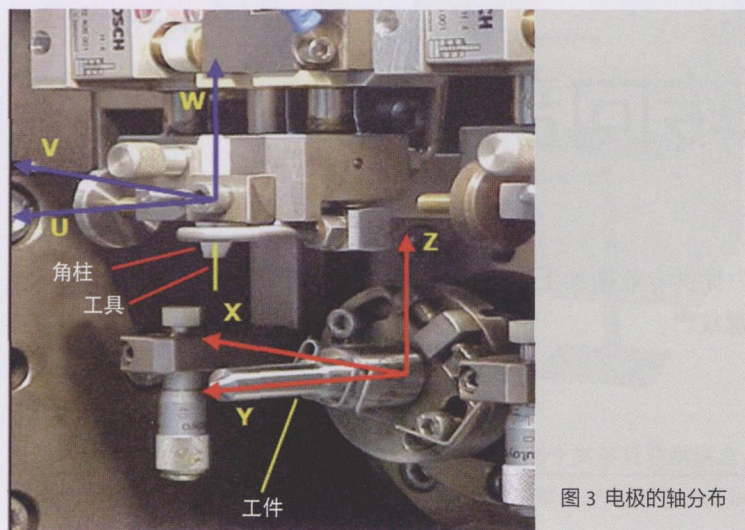


图3 电极的轴分布

效率的降低。

工件的熔点和导热性

Agie Quadraton I 系列机床设有一个带有二极管的松弛发生器，可以调节工件材料切割所需的放电参数。发生器调节的重要数值为刀具电极之间的电压值和前后两次放电的间隔时间。这里需要特别关注二极管对放电电流的影响，这是因为二极管是发电机上的一个重要元件，它对材料切割和刀具磨损有着重要的影响。

采用松弛发电机可以实现电极线路电容和工件的精确调节，因此可以达到对放电电能的控制。在大多数情况下，松弛发电机所有参数调节质量与电介质的导电率密切相关，以便获得所需精确的工作结果。由 Gain 和 Com 流程参数所决定的机床调节单元用于在刀具电极和工件之间保持稳定的间隙（正面加工间隙）。

Com 值定义了这个间隙，而 Gain 值决定了刀具电极在与设定的正面加工间隙值发生偏离时的切入动作的速度，以便持续保持正确的间隙。把 Com 值从 10 上调到 70 的话，就意味着机床把刀

具电极与工件之间的间隙调小了。Gain 值和 Com 值两者之间必须匹配好，以免发生相互影响。

目前，喷油嘴一般由 18CrNi8 (DIN 1.5920) 硬质钢材制成。对于加工作业来说，18CrNi8 钢的最重要特征便是熔点和导热性。这两者决定了材料切割的方式和发电机的参数调节。钢材微型孔的热影响区域最大深度仅为几微米，容易出现孔隙和裂纹，因而会对喷油嘴的机械强度产生不良影响。加工之后的表面硬度主要取决于钢材的化学成分，其数值影响着孔内表面的摩擦特性。当孔径小于 0.25 mm 时，刀具电极必须由硬金属材质制成，因为其较高的熔点可以阻止电极的快速磨损。对直径大于 0.5 mm 的微孔，可以采用铜质材料，因为铜材具有良好的导热性能，因此磨损系数较小。

在 EDM 机床上对电介质的两种主要液流路径进行的试验表明，内流径变化对内径会产生影响。电介质内流径也可以用于对微型孔的特定锥度的加工。微孔锥度会对燃料射流状态产生影响，继而影响到发动机的整个燃烧过程。MM

EMO

用于机床
移动供电系统 ...
大量产品:

全能型拖链
长行程
静音高速型
耐油
一体成型
干运行
用于机床移门
用于操作台

▶ 24小时或当天发货

▶ 在线计算使用寿命

▶ 降低成本，延长寿命

igus.com.cn/machine-tool

易格斯拖链轴承仓储贸易(上海)有限公司
电话: 021 5130 3100 传真: 021 5130 3200

▲ 反馈服务编码M2276