

# 电火花加工技术在现代制造业中的应用

北京市电加工研究所 (100083) 蒋亨顺 刘 杰 刘薇娜 汤丽明 赵金娜 李 琳 刘 媛 冯 迪

近几年来,北京电加工研究所在电火花应用技术方面进行了一系列有益的探索,特别是对聚晶金刚石复合片光整加工成套技术的研究,取得了突破性进展。聚晶金刚石复合片是由聚晶金刚石层及硬质合金衬片经高温高压烧结合成的。由于聚晶金刚石质地坚硬、耐磨,若采用金刚石砂轮进行常规机械磨削,效率极低,且发热严重。而复合片中聚晶金刚石与硬质合金两种材料的线胀系数相差很大,摩擦热将导致复合片弯曲变形,从而导致聚晶金刚石表面无法达到所要求的平面度及表面粗糙度。

聚晶金刚石烧结时使用的粘接剂是钴、镍等金属,因而具有导电性。我们采用电火花磨削工艺,利用放电产生的瞬间高温使金刚石晶粒表面炭化蚀除,磨削聚晶金刚石的加工效率比纯机械磨削提高了几十倍。又由于聚晶金刚石导热良好,故在放电磨削过程中温升很小,热变形的影响小,从而确保了电火花磨削加工的平面度和表面粗糙度,达到了聚晶金刚石复合片产品的加工要求。目前已形成年产值数千万元的批量生产能力,成为我所的支柱产业。

除聚晶金刚石复合片电火花磨削加工外,在聚晶金刚石刀具、拉丝模具及其加工装备方面,也取得了很大进展。

随着产品质量不断提高,使用的新材料愈来愈多,用常规刀具进行切削加工越来越难,甚至不可能。例如小汽车的气缸及活塞,大多采用高硅铝合金制造,采用高速钢刀具或硬质合金刀具加工,刀具刃口部分磨损严重,对于加工中心来说,就要频繁地更换与调整刀具的初始化位置,使加工辅助时间成倍增长,加工效率低。为此,国外的高速数控机床或加工中心大多采用聚晶金刚石刀具或立方氮化硼刀具,使切削速度由每秒十几米提高到上百米,大大提高了加工效率,加工件的尺寸一致性也大大提高。

又如当前为保护环境,减少森林资源消耗,家具与办公用品大多使用中、高密度板制作。这些复合材料加工所用的刀具也大多采用聚晶金刚石刀具。还有我们日用房屋装空调打孔用的套孔钻也是

采用聚晶金刚石制作的钻头。毫不夸张地说,聚晶金刚石制品已进入我们生活的大多数领域。

电缆行业控制导线芯线的拉丝模具,几乎全部采用聚晶金刚石拉丝模具。我所采用电火花打预孔、超声波研磨及抛光的成套工艺加工聚晶金刚石拉丝模具,模具孔径的加工精度已达  $0.1\mu\text{m}$ ,对于丝径小于  $0.5\text{mm}$  的拉丝模具,预孔则采用激光加工工艺。采用我所自主研制的数控激光加工机,可将拉丝模具的各段孔型采取逐层剥蚀的方法加工出来,大大缩短了精密微细拉丝模具的加工时间。

在航空航天领域我们也解决了一些工艺难题。例如:为了提高发动机(火箭或喷气、燃气涡轮发动机)的输出功率,涡轮的前后级之间的压差,要求尽可能小,这就要求动、静涡轮叶片间要有良好的密封。目前国外及国内大多数厂家均采用蜂窝结构件作为密封材料。不同的发动机其蜂窝密封件的尺寸相差较大,如图1所示蜂窝件的蜂窝内切圆直径  $D$ ,其尺寸范围为  $0.5\sim 10\text{mm}$ ,相差20倍。蜂窝壁厚  $t$  为  $0.05\sim 0.2\text{mm}$  不等。蜂窝件所用材质大多为耐热合金钢,质地粘、韧,机加工性能差。这么薄的蜂窝壁,若采用常规机械磨削方式,极易产生毛刺,使蜂窝孔堵塞而无法使用要求。航空发动机厂在初期采用机械磨削蜂窝后,人工用针尖一个个剔除毛刺,工人劳动强度很大,产品质量也不高。

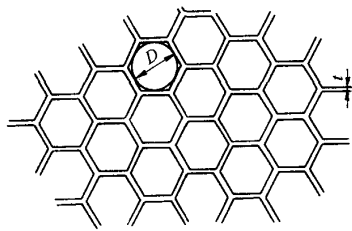


图1 蜂窝结构件示意图

这类蜂窝密封件大多为薄壁环形零件,自身刚度差。采用电火花磨削工艺对其进行加工,可以充分发挥电加工技术优势,加工表面无毛刺,加工几乎不变形,加工尺寸相应提高。由于电火花磨削时

工件与工具电极间相对运动速度较大, 蜂窝的壁又很薄, 放电不易集中在一处发生, 因此加工中不易产生电弧烧伤, 加工表面质量良好。除去蜂窝结构件外, 航空发动机零件中还有不少深槽类、窄筋类加工部位 (图 2)。由于工件材质是高温耐热合金, 采用常规机械车削宽  $0.70\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 、高  $4\text{mm}$  的窄筋时, 窄槽筋极易被刀具挤歪而导致工件报废。对图 2 所示工件, 采用车削加工, 成品率不足 20%。这个工件最难加工的部位是宽  $3\text{mm}$ 、深  $25\text{mm}$  的环形槽。车削加工时, 刀具刃口只有  $2\text{mm}$ , 为防止加工时发生干涉, 刀具后角也较大, 因此刀具的刚性相对来说很差, 加工到  $15\text{mm}$  深之后经常发生扎刀现象, 导致工件报废。采用环形工具电极进行电火花磨削加工, 成功地解决了此类工件的加工难题, 成品率超过 90%。

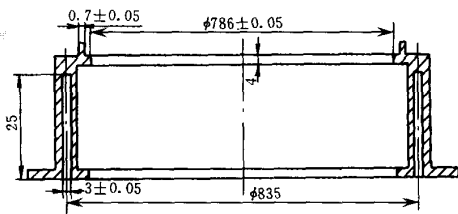


图 2 窄筋深槽类工件示意图

有一种发动机的涡轮叶轮为整体带冠结构, 其叶片为三维曲面, 曲率半径很小, 叶片间流道也很窄, 最窄处不足  $3\text{mm}$  (如图 3 所示), 因切削加工时刀具会发生干涉而根本无法采用常规机械加工工

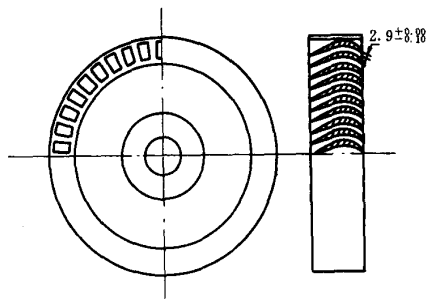


图 3 带冠整体涡轮示意图

经过计算机仿形模拟, 确定了电火花加工整体涡轮叶片的加工方案, 采用精密线切割机床切割工具电极, 利用我所与日本沙迪克公司合作生产的 B35 数控电火花机床, 成功地解决了这类三维曲面的加工难题, 其电火花加工工艺的技术难点有三:

如何解决成形工具电极的设计与制造; 如何解决加工出现异常时的原轨迹快速回退; 如何解决工具电极的多次快速更换与高精度的重复定位。

此外, 我所还致力于 IT 产业中的大规模集成电路器件塑料封装模具的研制, 为厂家解决了众多的封装模具的制作, 其关键工序均采用精密线电极加工辅以电火花成形加工和精密机械加工, 充分显示了诸多工艺方法相互配合, 互为补充, 发扬各自的优点, 为电火花加工在现代制造技术中的应用, 闯出了一条新路。 (收稿日期: 20031217)

## 《机械工人》(热加工) 2004 年第 2 期要目

铜-不锈钢套管式结构件的焊接器的自动焊接  
计算机辅助钢板自动编程及排料系统  
点焊生产的质量控制与检测  
汽车纵梁成型铸铁模断裂的焊接修复  
汽车空调暖风水阀快速点焊夹具  
气割钢板的简便方法  
热处理行业中普通电炉的发展  
回火炉短路及冒烟问题的解决  
原材料粗晶对凸轮正火热处理的影响  
表面淬火裂纹的有效识别方法  
高速钢刀具深冷处理工艺试验研究  
减少零件淬火变形开裂的几种措施  
绞肉机孔板淬火工艺的改进  
拉拔硬化成形方法替代调质的应用  
SKD61 (4Cr5MoVSi) 精密模具气体氮碳共渗工艺的改进  
大断面高伸长率球墨铸铁的熔炼  
辊轮砂芯固定方法的改进  
超高锰钢锤头的生产  
密条消失模铸造生产实践  
6t 中频炉筑炉工艺改进及维护  
小缸套铸造工艺的改进  
铸铁件缺陷补胶的应用  
压铸件的失效模式分析  
提高 IGBT 中频感应电炉炉龄的措施  
FMEA 技术在电脑机箱制造中的应用  
浅谈六角头 (法兰面) 螺栓热锻工艺及模具设计  
S 形凸轮的平锻工艺  
滚压螺坯直径的确定  
冲压垫圈复合模具的设计  
无支承轴承法兰盘锻造模结构改进