

电加工技术也不断改进优化,高精度脉冲电源、高频窄脉冲电源、微过滤系统等都给电加工技术的发展提供了可靠保证,未来电加工技术将向高精度、

超精细、高稳定性、数字化、自动化的方向发展,并在航空发动机领域得到广泛应用。



徐敏

特种加工技术在航空精密偶件中的应用

西安航空动力控制公司 徐敏 赵兴龙

本公司主要以电火花成形加工(EDM)设备与电火花线切割加工(WEDM)设备为主,用于加工金属材料及加工部位导电材料。结合实际产品的生产,现对两种特种加工方法进行综合性能的比较分析。

1. 电火花加工工艺与实例

公司某产品如图1所示,零件材料为1Cr18Ni9Ti,硬度38~45HRC,若使用机械加工的方法,在凹型腔加工时,由于这种材料硬度不高,但是塑性很好,加工硬化严重,同时产品凹型腔处尺寸及形位公差较严,使用球头铣刀铣削时,刀具磨损快,零件尺寸及型腔底部粗糙度无法保证。首次使用电火花加工时,选用GF阿奇夏米尔成形电火花机AQ/SF-100设备,电极为纯铜,按凹型腔的尺寸设计电极,加工出的产品型腔底部表面粗糙度值达到 $R_a=1.6\mu\text{m}$,但是凹腔的深度与形状尺寸不合格,经分析发现这是由于在电火花加工过程中,工具和工件之间有一定放电间隙 S ,在保证“低损耗,高生产率”的前提下,放电间隙会取较大值,但是当 $\phi 30\text{mm}$ 的电极棒接触零件后,由于最高点处的放电热蚀与消离抛出是最多的,此处电

极的消耗也是最快的,导致了零件的加工不合格。在这种高精度复杂形状的工件加工时,放电间隙是瞬息变化的,它是随加工面积和形状复杂程度的变化随之改变的。因此,为确保成形面的加工质量,在加工中,应根据产品加工精度的不同对加工参数作适当调整,以获得稳定的加工间隙。通过加工试验得出了电极消耗的经验值,认为将电极的最高点在原设计的基础上放大0.2~0.3mm,原有 R 圆角不变;在加工过程中,加工电流设为8A,脉冲宽度200ms,脉冲间隔4ms,主轴抬刀比设为2/3,可以解决此类问题的发生,图2所示为损耗预测后对电极尺寸和形状进行了补偿修正的示意图。电火花加工中影响成形面加工质量的因素很多,且它们又是相互制约的,加工参数的合理选取与电极的正确设计都将直接影响到工件的各项工艺指标和放电的稳定进行。

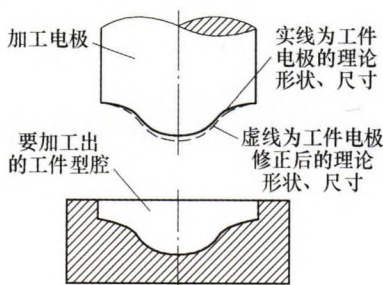


图2 电火花穿孔加工

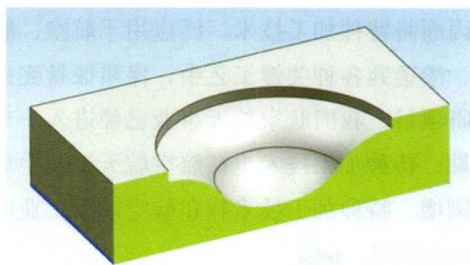


图1 加工零件模型

公司的产品结构以单件小批量为主,为了提高产品的加工效率与快速调整性,采用瑞士EROWA高精度柔性快速装夹工具(见图3),提高装夹效率,进而实现提高生产率的目的。某轴类产品(见

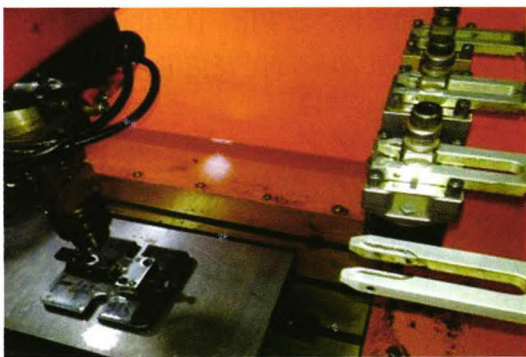


图3 柔性快换工装

图4) 在加工过程中，在轴径上均布有 $\phi 3^{+0.03}_{-0} \text{mm} \times 10 \text{mm}$ 的小孔15个、 $\phi 2^{+0.03}_{-0} \text{mm} \times 10 \text{mm}$ 的小孔10个、 $3^{+0.05}_{-0} \text{mm} \times 3^{+0.05}_{-0} \text{mm} \times 10 \text{mm}$ 的方孔10个、 $4^{+0.03}_{-0} \text{mm} \times 4^{+0.03}_{-0} \text{mm} \times 10 \text{mm}$ 的方孔6个，两种方孔的加工不适合机械加工，同时各组孔的角向关系要求严格，电火花穿孔加工作为首选加工方案， $\phi 2 \text{mm}$ 、 $\phi 3 \text{mm}$ 两孔在加工时，产品没有做预孔，但是孔的形位公差很严，并且所要加工的孔多，电极磨损很快，不能很好地保证产品在批量加工时的质量，因而将工具电极制作为阶梯状，工具电极分为两段，如图5所示，即缩小了尺寸的一段为粗加工段，粗加工时，采用工具电极相对损耗小、加工速度高的方法进行加工，粗加工段加工完成后只剩下较小的加工余量，由精加工段即完成。同时由于4个孔系的角向要求，使用高精度柔性电极快换工装，零件一次装夹，4个电极工装，无需重复对刀，可一次加工完成，既保证了产品质量，又使加工效率大大提高，节省装

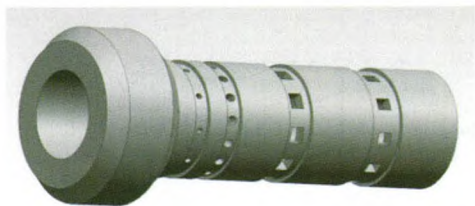


图4 加工零件模型

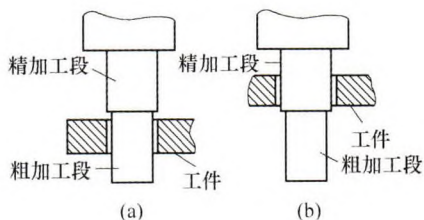


图5 阶梯状电极

夹、找正、对刀的时间。

2. 电火花线切割加工工艺与实例

在某齿轮产品的加工过程中，齿轮的材料为粉末冶金钢AHP10V，此加工材料为高钒类多孔结构，并且材料十分耐磨，材料中有相对多的硬质点颗粒，颗粒个体会高达63HRC。所要加工的部位为零件的内花键，花键长度80mm，花键精度等级为DIN4级，齿形、齿向要求较高，在产品加工线切割过程中频繁断丝，并且在切割面上出现富于规律的搓板状，通常直称为“搓板纹”。严重影响产品的交付，经过多次试验，在以下几个方面作出相对应的加工方案：①加大单个脉冲的能量，即脉冲幅值和峰值电流，为不使丝的载流量负担过大，则应相应加大脉冲间隔，使电流平均值不致增加太多。②保持冷却液的介电系数和绝缘强度，维持较高的火花爆炸力和清洗能力，使蚀除物对脉冲的短路作用减到最小。③适当地提高丝速，使丝向缝隙内带入的水速加快，水量加大，蚀除物更有效地排出。④提高运丝导丝系统的机械精度。⑤改善变频跟踪灵敏度，增加脉冲利用率。⑥选用介电系数更高、恢复绝缘能力更强、流动性和排污解力更强的冷却液。⑦大幅度提高脉冲电压，使放电间隙加大，水进入和排出也就比较容易了。通过以上的加工方案，解决了产品的质量及效率问题，最好在对线切割加工前的工件进行热处理，以避免工件过热、渗碳和脱碳现象的产生，为以后产品的加工积累了经验。

3. 特种加工技术在航空航天制造中的应用

随着航空航天事业的发展，特种加工工艺的不断成长，特种加工越来越发挥出其重要作用，航空航天工业中的各类难切削材料，在单件小批量的加工过程中按常规的机械制造技术都难以胜任，因而将特种加工技术广泛应用于航空、航天技术，渗透到各种关键工艺中，保质保量完成各类科研项目。我国航空航天事业已经进入一个新的时期，特种加工技术也在航空航天工业中应用与日剧增，特种加工技术将在航空航天工业中发挥无比的作用。MW

(收稿日期：20131008)