

文章编号 1000-5013(2005)02-0184-03

# CAD/CAM 的电化学微细加工技术

李洪友 江开勇 田磊 陈向智

(华侨大学机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

**摘要** 将 CAD/CAM 技术和电化学加工技术两者有机结合起来, 研究金属零件或模具表面微细花纹、图案、文字(或商标)的三维电化展成微细加工技术, 得到较为满意的初步实验结果. 该技术的进一步研究和实践, 既可用于金属零件表面的微细槽加工和微细螺纹件加工, 又适用其它复杂形状和结构的微加工和制造.

**关键词** 微细加工, CAD/CAM, 电化展成加工

中图分类号 TG 662; TP 391.7

文献标识码 A

随着科学技术的发展, 生产加工技术一方面向着自动化发展, 另一方面是寻求固有加工技术本身的微细加工极限. 微细加工技术是指制造微小尺寸零部件或薄膜图形的方法. 目前, 微细加工技术被赋予更广泛的内容和更高的要求, 加工尺寸已从微米量级、亚微米量级发展到纳米量级. 其加工方法, 包括传统的切削加工和一些特种加工方法. 常规加工方法, 分为微细车削、微细铣削、微细钻削、微细磨削、冲压等; 特种加工方法, 包括光刻加工、电子束、离子束、激光束微细加工、超声波加工、微细电火花加工、电解加工和电铸等<sup>[1-3]</sup>.

## 1 课题的提出

现阶段的许多微细加工方法, 如电子束、离子束和激光加工等, 可以实现二维乃至三维加工. 但受加工设备、成本和工艺复杂性的制约, 用常规方法加工微细花纹、图案、模具花纹及商标, 显得既较复杂又成本较高. 微细槽、微细螺纹件加工, 以及其它复杂形状、结构等零件加工也难以实现.

根据材料的去除原理, 电化学加工属于离子溶解去除方式, 能够实现微去除, 适合于微细加工和光整加工<sup>[4-6]</sup>. 电化学加工不受材料的硬度及韧性的制约, 具有加工效率高、成本低、工具无损耗、加工表面无变质层、变形层和无应力等优点. 因此, 进行三维数控微细电化学加工具有重要意义和良好的应用前景. 本文研究基于 CAD/CAM 的电化学展成微细加工技术.

## 2 实验原理和装备

图1是基于 CAD/CAM 技术的电化展成微细加工原理示意图. 首先, 应用 CAD/CAM 软件, 设计想要的微细花纹、图案和模具花纹等实体模型. 该模型可能是二维的, 也可能是三维的. 常见的 CAD/CAM 软件有 UG, Pro/E, FDEAS, CATIA, SURFCAM, MasterCAM 等. 本实验采用 Pro/E 软件, 首先, 完成图案或模具花纹的设计的. 其次, 由 CAD/

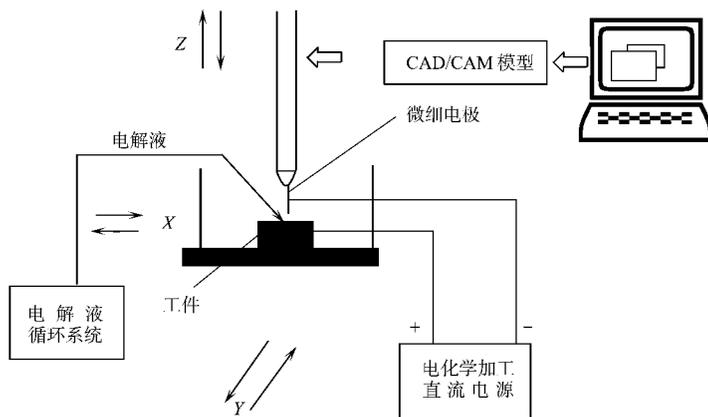


图1 数控展成电化微细加工技术原理示意图

图1是基于 CAD/CAM 技术的电化展成微细加工原理示意图. 首先, 应用 CAD/CAM 软件, 设计想要的微细花纹、图案和模具花纹等实体模型. 该模型可能是二维的, 也可能是三维的. 常见的 CAD/CAM 软件有 UG, Pro/E, FDEAS, CATIA, SURFCAM, MasterCAM 等. 本实验采用 Pro/E 软件, 首先, 完成图案或模具花纹的设计的. 其次, 由 CAD/

收稿日期 2004-09-23

作者简介 李洪友(1970), 男, 讲师, 博士, 主要从事微细加工和光整加工技术的研究. E-mail: lihongy@hqu.edu.cn

CAM 软件的数控接口,生成数控 NC 加工代码.最后,控制数控电化学微细加工系统加工过程.

### 3 CNC 数控系统的硬件和软件构成

本实验以数控雕刻机为设备基础,搭建电化学展成微细加工平台.加工过程中,电极固定于雕刻机主轴上.电解液在一定的压力下由电极内部流出,循环流入加工区域.系统采用厦门唯独科技有限公司的 WEDO CNC 数控系统.WEDO CNC 系统由稳压电源(UPS)、工业 PC、显示器(CRT 或液晶显示器)、鼠标、键盘及交流伺服驱动器和交流伺服电机等组成.该数控系统结构框图,如图 2 所示.

WEDO CNC 数控系统,一般可通过数控编程,控制电极沿 X, Y, Z3 个方向联动.除此之外,系统还附有 EasyFilter 软件,用于将 CAD/CAM 软件生成的 NC 文件转化为与 WEDO CNC 系统完全兼容的 NC 文件.因此,可通过 CAD/CAM 软件强大的功能设计各种图案、模具花纹和微结构零件,并输入到数控电化学展成微细加工的 WEDO CNC 系统中,以完成加工和制造.

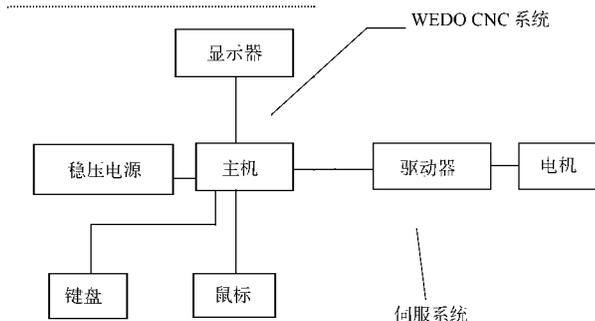


图 2 WEDO CNC 数控系统结构框图

### 4 电化学展成微加工过程影响因素分析

(1) 加工间隙的影响.在其它条件相同的情况下,加工间隙直接影响加工过程中的电流密度的大小,间隙越小,电流密度越高,加工效率也越高.因此,加工过程中应尽可能应用的较小的加工间隙,一般应在 0.1 mm 以下.但加工间隙也不能过小,否则不但会容易引起短路和烧伤,而且加工过程中产生的热量和产物也不易排除,都会给加工过程带来不利的影响.(2) 电极的尺寸的影响.电极的尺寸,尤其是电极尖端尺寸的大小直接影响到加工结果的线宽大小.一般来说,电极尖端越小得到的结果愈微细,加工精度也越高.(3) 电极进给速度的影响.电极进给速度必须和工件材料的电化学反应过程相匹配.电极进给速度太快,电化学反应还来不及完成;电极进给速度太慢,又会造成加工线宽过大.这一点需根据加工过程中的具体情况,进行相应的调整.(4) 电解液参数的影响.电解液参数包括电解液的成份、浓度、温度和流速等.一般微细加工应选用低浓度的非线性电解液,如  $\text{NaClO}_3$  和  $\text{NaNO}_3$ .非线性电解液具有较高的加工精度,且杂散腐蚀小,有利于微加工过程.电解液的浓度会对电流密度产生影响,微加工过程选用低浓度为宜,一般应在 10% 以下为宜.电解液的温度影响电解液的电导率,微加工过程也不宜采用较高的温度,通常选择室温下的温度是比较合适的.电解液应该具有一定的流速,一方面有利于电解液的更新,另一方面也有利于及时排出加工过程中的产物及热量.(5) 电流波形的影响.选用高频窄脉冲电流,极大地改善加工间隙中的物理、化学特性.通过合理调整脉宽和脉间,使得极间电解液在脉冲间歇时极易得到更新和恢复,电化学加工产物和热量也会得到及时的排除.这样,电化学加工的尺寸精度、形状精度、表面质量都有很大的提高.(6) CAD/CAM 实体模型精度的影响.CAD/CAM 实体模型精度,也会对加工结果产生一定的影响.同时,在由 CAD/CAM 实体模型转换数控 NC 代码过程中,也会产生误差.这就需要加以修正和完善.

### 5 实验及结果

图 3 是电化学展成微细加工后的实物照片.图中(a)为华侨大学校标,(b)为联想品牌标志,(c)为日本丰田汽车的标志.该图案及商标是首先采用 Pro/E 软件来设计出其实体模型,再由 Pro/E 软件提供的数控接口,生成数控加工 NC 代码.从而,控制数控电化学微细加工系统实现微加工过程.实验条件的工件材料,采用不锈钢 1Cr18Ni9Ti;采用 10%  $\text{NaNO}_3$  电解液,流量  $750 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ;频率为 5 kHz 的脉冲电源.

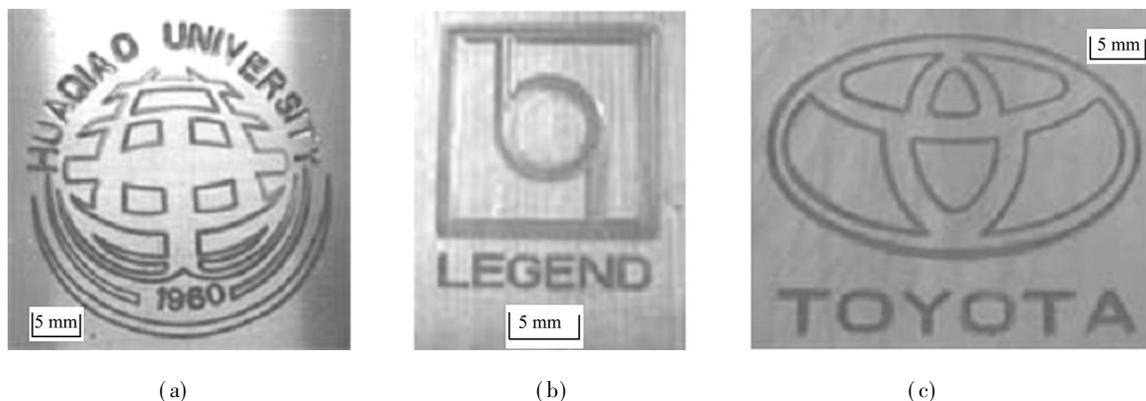


图3 数控展成电化学微细加工华侨大学校标和商标

实验中选用直径是 1.2 mm 的中空电极, 电极尖端修磨得很细(0.2 mm 左右). 上述图 3(a) 是用电极的尖端加工而成. 为了使加工出的图案清晰、线条深浅不同, 相应轨迹电极有多次重复运动, 因而加工时间较长(20 min). 图 3(b) 情形亦如此(10 min). 图 3(c) 只有在英文标志部分, 电极作了相应轨迹重复运动, 因而时间相对较短(2 min).

## 6 结论及展望

将 CAD/CAM 技术和电化学微加工技术有效地结合起来, 充分利用两者的优点, 实现了复杂形状、微小零件及表面的微细加工. 该技术具有较好特点及优点. 比如, 它与传统机械微加工相比, 加工效率提高 5~10 倍, 加工成本低; 其设备简单, 不需要高速雕刻机及高速铣床; 加工精度高, 可加工锐边和尖角, 不受刀具圆弧半径的影响; 应用微米级的电极, 可实现微米尺度线宽的加工.

### 参 考 文 献

- 1 戴达煌, 周克崧, 袁镇海等. 现代材料表面技术科学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004. 526~550
- 2 贾宝贤, 王振龙, 赵万生. 适用于微机械制造的常规加工方法[J]. 新技术新工艺, 2003, (8): 19~22
- 3 赵家齐, 郭永丰, 刘永红等. 用于纳米级加工的特种加工技术[J]. 仪器仪表学报, 1995, 16(1): 42~46
- 4 李小海, 王振龙, 赵万生. 微细电化学加工研究新进展[J]. 电加工与模具, 2004, (2): 1~5
- 5 Landolt D, Chauvy P F, Zinger O. Electrochemical micromachining, polishing and surface structuring of metals: Fundamental aspects and new developments[J]. Electrochimica Acta, 2003, 48: 3 185~3 201
- 6 Li Yong, Zheng Yunfei, Yang Guang, et al. Localized electrochemical micromachining with gap control[J]. Sensors and Actuators (A): Physical, 2003, 108: 144~148

## CAD/CAM Based Electrochemical Micromachining

Li Hongyou Jiang Kaiyong Tian Lei Chen Xiangzhi

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China)

**Abstract** By combining CAD/CAM and electrochemical machining into an organic whole, the authors dealt with 3-D electrochemical contour evolution micromachining on the surface of metal products including components and parts, moulds and dies; and obtained fairly satisfactorily preliminary results covering fine figures, patterns, texts (or labels). Further study and practice of this technique can be applied to machining of microgroove and micro screw thread and can also be applied to micromachining and manufacturing on other structures with complicated shapes.

**Keywords** micromachining, CAD/CAM, electrochemical contour evolution machining