

我国电火花成形加工技术的现状及发展方向

北京市电加工研究所 (100083) 翟力军 伏金娟 蒋亨顺

《机械工人》杂志社、中国模协和苏州电加工所联合举办的“电加工设备应用调查”是一件非常及时、非常必要的好事,是业内人事、电加工设备销售商和电加工设备使用者非常关心而苦于无力去做的难事,主办单位花费了相当的时间、精力和财力做了大量的调查工作,为行业做出了一份贡献,作为业内人事对这种努力特别是《机械工人》杂志社所做的工作非常感谢。此次调查活动基本上反映了我国电加工设备的应用现状,下面我谨就电火花成形加工技术来谈一谈。

一、电火花成形加工技术的现状及面临的严峻形势

1. 电火花成形加工技术的现状

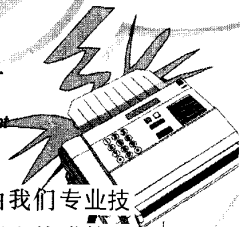
(1) 目前我国电火花成形加工机床的种类和技术水平 目前我国生产的电火花成形加工机床主要是手动电火花成形加工机床、单轴数控电火花成形加工机床和多轴精密数控电火花成形加工机床。其工艺技术指标:①手动、单轴数控电火花成形加工机床最高加工速度 $\geq 10\text{mm}^3/\text{min}\cdot\text{A}$,最佳表面粗糙度为 $R_a 0.8 \sim 1.6\mu\text{m}$,最小电极损耗 $\leq 0.3\%$ 。②多轴精密数控电火花成形加工机床最高加工速度 $\geq 10\text{mm}^3/\text{min}\cdot\text{A}$,最佳表面粗糙度为 $R_a 0.05 \sim 0.1\mu\text{m}$,最小电极损耗 $\leq 0.1\%$,与国外同类机床相当。其精度技术指标:①单轴数控电火花成形加工机床的主轴(Z轴)一般采用光栅尺和数显装置进行位置控制,X、Y轴一般采用光栅尺和数显装置或光学刻度手轮显示坐标位置,位置精度可达到 0.02mm 。②多轴精密数控电火花成形加工机床一般采用交流伺服机和编码器进行位置控制,定位精度为任意 $0.005\text{mm}/100\text{mm}$,全行程 0.015mm ,重复定位精度为 0.002mm ,与国外同类机床相

当。

(2) 目前我国电火花成形加工机床生产情况和市场占有率 手动、单轴数控电火花成形加工机床生产较多,市场竞争较残酷,主要是价格之争;多轴精密数控电火花成形加工机床需求量越来越多,但选用国产设备的较少,很多用户选购国外产品,其主要原因是虽然国产设备在性能、功能上已接近进口设备,但国产设备的可靠性、安全性、维修性以及数控化、自动化程度(刀具库的使用)不如进口设备,设备待机时间长于进口设备,阻碍了国内用户的选择。据统计我国多轴数控电火花成形加工机床年产约200~300台,而2002年进口数控电火花成形加工机床(含台湾单轴数控机床)为2646台,由此可见差距所在。

2. 电火花成形加工技术面临的严峻形势

(1) 高速、精密铣削设备(HSM)的快速发展对电火花成形加工设备(NCSED、SED)的发展产生了一定程度的影响,特别制约了大型EDM的发展。HSM主轴旋转速度可达 $10\,000\text{r}/\text{min}$ 以上,进给速度 $40\text{m}/\text{min}$,又由于刀具技术的发展,使得加工效率比以往提高,加工范围不断扩大(可加工硬度为50~54HRC的材料,甚至能加工硬度为60HRC的材料),加工精度也相应提高。这使得许多原属于电火花成形加工的“领地”被传统的机械加工夺走了,例如在锻模、压铸模制造方面,电火花成形加工技术曾经占主导地位,但目前已基本退出了这一领域。从制造业的整体来看,由于工件的粗、中加工多为大余量去除材料,对尺寸及形状位置精度要求不太高,切削加工用设备投资相对较低,加工效率又较高,使其生产成本大大低于电火花加工,正好适宜工件的粗、中加工要求;对于精加工工序,机械加工的较高生产



率也使得凡可采用刀具切削的,就不采用其他加工工艺,只有在刀具无法完成的加工部位,才考虑采用电加工工艺。随着先进制造技术的高速发展,必然对电火花加工技术提出新的更高的要求。

(2) 数控技术近年发展很快,大多数数控设备均属金属切削设备。这些设备的共性大于个性,其控制软件大多可互相借用,互相传递也十分方便。电火花成形加工技术因其工艺性较强(影响因素多,随机性大),适用于中、精加工的成熟的控制软件相对较少,从业的相关技术力量也较薄弱,使得我国在精密电火花成形机床的整体水平落后于国际先进水平很多。我国 2002 年进口的特种加工机床达 4 636 台,电火花成形机床占 2 646 台,其中精密电火花成形机床占了一定比例。大部分进口的电加工机床与国内水平相近,挤占了我们的市场,使国内电加工企业更是步履艰难,资金紧张,难以在开发新技术新产品方面有更多的投入,这直接限制了电火花成形加工技术在精密、微细加工领域的广泛应用。

(3) 在我国向工业化进军的过程中,对普通精度单轴数控电火花机床还有一定的需求量,所以,我们在研发高新技术产品的同时,也应重视对现有产品进行技术改造,及时采用新技术提高产品性能与质量,不能总是老面孔,多年一贯制。从目前情况看,有必要根据生产需要积极应用数显技术改造旧有设备,使其加工质量有所提高。今后应力争在模块化的基础上发展各种专门化电加工机床产品。

(4) 21 世纪,精密微细电火花加工已向分子级、原子级加工进军,各种微型机械的研制屡见报端,其尺寸精度已进入亚微米甚至纳米级范围,据统计微细电火花加工在电火花加工中所占的比重逐年增加,目前已接近 10%。为适应精密微细加工的需要,必须解决诸如小间隙及微量均匀进给等一系列问题。为了达到高的加工精度,控制各加工部位的放电间隙均处于最佳状态且均匀一致是十分必要的,而实现这点又是相当困难的。其次,电火花加工与传统机械加工方式在进给方式上有很大差异。传统机械加工是单向进给,而电火花加工时,进给需根据加工间隙状态的优劣做频繁的往复运动,对于微细加工,伺服进给的灵敏度要求更高,

而要满足这些需求的控制软件,必须由我们专业技术人员自行解决,没有借用其他行业现有技术的可能。

(5) 电火花成形加工配套用的脉冲电源,近十多年来几乎没有多大进步与发展。而传统的金切机床近十余年的变化当使人刮目相看。电火花成形加工技术目前的进展缓慢与自身的技术创新速度太低有直接关系。

二、电火花成形加工技术的发展方向

(1) 主轴高速技术 主轴移动速度应 $\geq 3\text{m/min}$,使其具有良好的深槽窄缝加工性能。例如日本 Sodick 公司 AQ35L 直线电机电火花成形加工机床,主轴移动速度为 36m/min ,最小控制当量为 $0.5\mu\text{m}$ 。在采用石墨电极加工 70mm 深的筋槽时,用非直线电机的机床在无冲液的情况下加工,从 20mm 左右开始加工屑和气体的排出状态便迅速恶化,在 40mm 附近几乎使加工不能进行下去。而在 AQ35L 机床上,仅用 $2\text{h}15\text{min}$ 就加工到 70mm 深。

(2) 各类专家系统 对于电火花成形加工机床操作者,必须掌握数控编程技术、加工规范选择及确定的方法、成形电极收缩量的计算、平动及摇动量的分配等等,这就需要熟练掌握许多电加工知识,并具有一定加工经验,由此可见对操作者的要求是很高的。而采用专家系统,可稳定实现精密、复杂、微细等各类模具的重复加工。采用专家系统可从很大程度上简化最优加工条件的生成,其实质是把选择电火花加工条件的相关知识有效地结合到程序设计中,使系统具备专家的求解能力。国内外有许多采用专家系统优化电火花加工条件的产品,如日本 FANUC 公司开发的 FANUC TAPECUT-WP 系统、日本沙迪克公司开发的 MAP 系统、瑞士夏米尔公司开发的 ROBOFORM100 系统、我国北京市电加工研究所开发的 B35CNC 电火花成形加工智能化专家系统等。专家系统一般都为专用专家系统,例如:大面积浅型腔加工、能量控制专家系统(变截面加工)、深槽窄缝加工专家系统、微细加工专家系统、硬质合金加工专家系统、镜面加工专家系统、轮廓加工专家系统、不同材料对加工专家系统等。

(3) 混粉加工技术 混粉加工技术是日本沙迪

克公司在 20 世纪 70 年代末期首先开发的新技术, 现已形成产品在市场上销售, 其镜面加工表面粗糙度值在 $\phi 200\text{mm}$ 圆面积上可达 $R_a 0.05\mu\text{m}$ 。我国在这方面也有很多大学、研究所进行了许多研究和实验, 并取得了良好的效果, 如哈尔滨工业大学特种加工研究所与北京市电加工研究所在 CNC-B35 电火花成形加工机床上进行研究和实验, 在 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 面积上取得了 $R_a 0.15\mu\text{m}$ 的效果, 加工时间为 12h, 但均尚未形成产品投放市场。

(4) 精密微细技术 前面提到微细电火花加工在电火花加工中所占的比重已接近 10%, 并逐年增加, 这充分体现了电火花加工技术的优势, 国内外在精微电源、细小电极制作、微小型电火花加工装置方面做了许多工作。自 20 世纪 90 年代以来, 日本、欧洲、中国等国家先后研究出蠕动式、冲击式、椭圆驱动式和超声直接驱动式等微小型电火花加工装置。电极直接驱动微型电火花加工装置的出现, 有效地降低了进给驱动系统的惯性, 对提高电极的响应速度、保证电火花加工的正常进行十分有利。但上述装置主要解决了电极的轴向驱动系统, 尚未形成一个包括带动电极回转运动在内的完整的集成式微细加工系统, 因此, 新型微小电火花加工装置的研究仍需不断深入。

(5) 扬长避短, 技术互补, 开展多学科交叉的复合加工技术研究, 发挥电火花成形加工技术的自身优势

借助其他行业的成熟技术为我所用, 可收到事半功倍的效果。例如日本 Sodick 公司将直线电机引入电火花成形加工机床, 使加工窄槽、深腔的速度成倍提高, 从而拓宽了电火花成形加工在某些特殊领域的应用范围。又如北京 625 研究所将建筑业的混凝土震捣排气方式引入电解加工, 加工出的花纹模具毛发清晰, 加工时间仅 6~8min, 加工速度大大提高, 具有很强的市场竞争力。还可针对某些特殊行业如航空航天领域, 高温耐热合金零件中机械切削困难甚至无法加工的窄槽、微孔、异形孔等开展电火花、激光、超声及电解复合加工工艺技术的研发及相应的专用加工设备研制。如为了将加工区域的蚀除物及时排除, 或是防止其局部堆积, 导致恶性集中放电, 破坏加工表面, 北京市电加工研究所在加工微细拉丝模型孔时引入激光、超声波与电火花复合加工工艺, 收到良好效果。又如航空发

动机叶片上要加工诸多窄槽及尺寸在 $\phi 0.2 \sim \phi 0.4\text{mm}$ 的小孔, 窄槽采用电火花方法, 而 $\phi 0.2 \sim \phi 0.4\text{mm}$ 的小孔最初是采用激光加工后再经磨粒流挤光的办法, 但因激光加工后小孔下方端口有熔瘤堆积, 磨粒流又难以去除。625 所经过多次工艺攻关, 现已改为超声与电解复合加工, 圆满地解决了加工难题。专用、复合加工设备在航空航天领域的市场潜力很大, 是展现电加工优势的大战场, 有待花大力气去进一步研究开发。

(6) 改变自我, 拓宽思路, 加强学习新知识、新技术, 改变更新知识结构, 适应市场需求

当市场出现某种需求时, 我们往往会按照传统观念考虑: “哪些要求是电火花加工可以胜任的?” 这在很大程度上束缚了我们的发展, 丢掉了机遇。面对市场经济新形势, 不能“削足适履”, 我们应当改变自我, 适应新形势, 才能确保电火花成形加工技术的生存与不断发展。我们必须密切关注其他科学技术领域的最新发展动向, 在一些交叉学科边界处往往更容易找到适合我们发展的环境。例如 21 世纪世界各国对纳米材料技术研究均给予极大的关注, 纷纷投入大量人力、物力、财力从事攻关, 纳米技术有可能成为一颗光辉夺目的新星, 对人类的经济发展和科学技术的发展可能是一次革命。对此, 我们应考虑有关纳米技术是否可以在电加工领域如电极制作方面予以利用? 混粉加工方面是否也能有所作为?

结合我国电火花成形加工技术的实际情况, 应当认真分析我们的长、短之处, 例如在电火花成形加工工艺技术方面, 我们有不少能工巧匠, 在长期的生产实践中积累了丰富的工艺经验, 加工出许多具有国际领先水平的工件, 也就是说, 在工艺领域我们具有相对的技术优势, 如果投入一定的技术力量认真研究、总结、升华, 完全有理由相信, 世界一流的电火花成形加工控制软件将会出自中国! 针对我国电加工界技术力量分散、相对薄弱的特点, 在今后一段时间内, 应广泛开展企业与高校、研究院所的携手合作, 发挥各自优势, 扬长避短, 有所为, 有所不为, 总体跟进、重点突破、发展高科技、实现产业化, 加速提高我国产品的国际竞争力, 就一定能提高我国电加工技术的持续创新能力, 实现技术跨越式发展。

(收稿日期: 20031201)