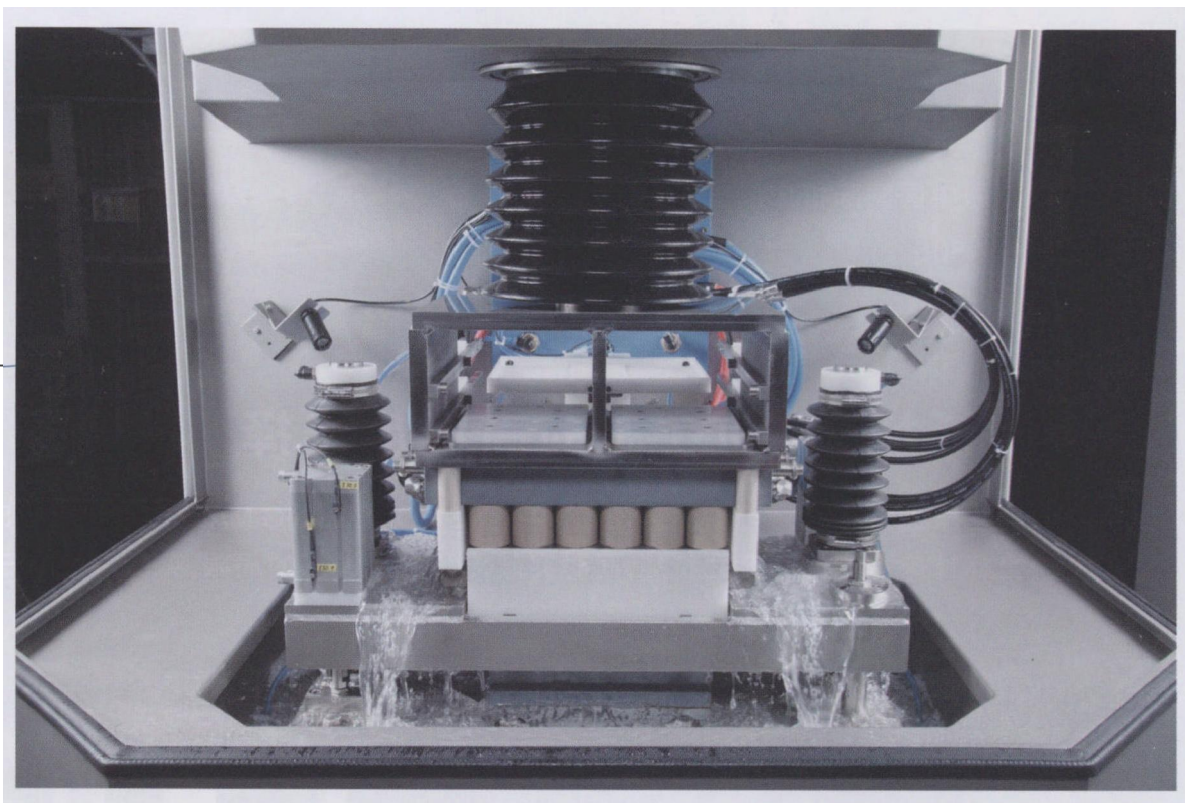


图1 埃马克电化学的并联多管路可编程展波电源技术与与此配合的加工工作间隙自动控制系统,可大幅提高工件的加工精度和表面质量



电解加工

数控精密电解加工 应用潜力巨大

随着科技的飞速发展,电解加工因其特有的非传统切削加工的优势,正在展现它的独特魅力。凭借多轴联动数控精密电解加工技术,目前德国埃马克电化学加工机床有限公司可以实现利用电解加工完全取代高速铣削及五轴电火花加工工艺来进行整体涡轮叶盘及涡轮叶片的加工。

文 | EMAG 公司

Dorner 公司一直是欧洲电解工艺技术的领先者,该公司从 1990 年开始专业生产高质量的电解机床,于 2002 年成功开发出了精密振动高频窄脉冲电解机床及其生产工艺,并于 2005 年研制出了世界上第一台多轴联动

数控精密电解机床。在 2009 年, Dorner 公司正式加入埃马克集团 (EMAG), 并更名为埃马克电化学加工机床有限公司, 此后, 凭借着埃马克制造数控加工中心的平台优势, 电化学加工技术由此迎来了里程碑式的发展。

技术实力打造高端产品

埃马克利用其制造数控机床的平台优势升级的多轴联动数控精密电解机床, 综合了多轴联动数控和精密电解加工两者的技术特点, 基于电化学阳极溶解的原理来去除金属材料, 无宏观切削

力，对工具阴极无损耗，特别适宜加工压气机末端高温区的合金和钛合金变截面扭曲叶片的整体叶盘。埃马克多轴联动数控精密电解机床的五轴电火花加工工艺，可实现整体涡轮叶盘及涡轮叶片的电解生产，完全取代了高速铣削。

成功为复杂工件可达性差的部位去毛刺

“去毛刺”这一工艺长久以来被很多人视作是无法回避的“麻烦事”。近几年来，埃马克电化学公司倾心研发用电化学去毛刺技术，并大获成功，不仅填补了去毛刺领域的技术空白，而且使埃马克集团自身的整体技术更加趋于完善，从而成为了一个能提供含去毛刺在内的所有切削工艺的多面手。

埃马克电化学去毛刺机床的独特之处在于，在电解机床中低速进给的阴极工具向固定不动的工件运动进行放电加工，从而实施对工件的毛刺部位进行电解的同时，其核心的单个电源控制单个阴极管子（即多个电源分别单独控制多个阴极进行相对独立的电解加工），并配合阴极的封闭式流道设计（工件并非全部浸在电解池里进行加工），从而实现在对多个工件进行去毛刺时，完成对每个工件上有着不同加工参数要求的部位进行电解作业，同时也可以对不需要进行去毛刺的部位进行有效保护。在充分保护工件的同时，可以达到最经济及最佳的加工精度，其阴极及电能的损耗仅为普通机床的 1/10。

使用该电化学加工技术可以去除所有复杂工件的毛刺，哪怕是韧性极强或极硬的零件也能达



图 2 埃马克电化学去毛刺机床

到精密加工，而且具备出色的稳定性。其 100% 电脑制程控制技术可以使利用化学原理电解加工的精度达到 $Cmk1.67$ 以上。如今，该电化学去毛刺机床已被广泛用于形状复杂工件的可达性很差的部位，如后棱、凹腔以及内腔交叉孔的相贯线等处。

优化工艺 提供最佳解决方案

埃马克电化学加工技术的研究表明，如果把去毛刺作为工件加工的最后一道独立工序，不管是机械去毛刺还是采用其他方法，用户的设备投入都将很高。即使采用电解工艺去除毛刺，当加工部位需要更改时，夹具和阴极工具的更改也是价格不菲的。而只有在制定工艺方案阶段制定出包含去毛刺在内的最佳工艺和加工方案时，才能配置出最经济的生产手段。

按照这一理念，埃马克已成功地为用户提供了具有精密去毛刺的专门电解加工技术和为缩

短节拍时间而设计的多位一体封闭式流道夹具的电化学去毛刺设备，通过工艺优化，帮助用户有效降低了生产成本。

精密电化学加工技术研究的突破

在精密电化学加工技术上，埃马克电化学已取得了突破性的进展。其专利的并联多管路可编程展波电源技术及与此配合的专利加工工作间隙自动控制的机电自动化系统，使制造电化学加工机床的技术指标达到了欧洲先进水平，从而可以大幅度地提高工件的加工精度和表面质量。其型腔加工的最高重复精度可达 $1\sim2\mu m$ ，最好表面粗糙度可达 $R_a0.05\mu m$ ，同时 3D 成型的加工精度范围可以控制在 $1\sim20\mu m$ 之内。

目前埃马克电化学公司正在将其先进的电化学加工技术及机床设备广泛地应用到医药、燃料电池双极板、微电流动压轴承、斜齿轮与反齿轮加工、模具及风电等领域。[11]