

A portrait of a middle-aged man with short dark hair and glasses, wearing a light blue and white striped button-down shirt and dark trousers. He is standing outdoors with a blurred green background. The text is overlaid on the bottom left of the image.

曲宁松

航空结构健康监测专家

■ 曲宁松 Qu Ningsong

长江学者特聘教授

Chang Jiang Scholar

南京航空航天大学教授、博士生导师

Professor and Doctoral Supervisor of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics

☞: 随着航空制造业的不断发展,电化学加工技术已被广泛应用。首先请您简单介绍一下电化学加工技术及装备在国内的发展和现状,以及与国外的主要差距表现在哪些方面?

曲宁松: 电化学加工(Electrochemical machining,简称ECM)是基于氧化还原原理制造零件的一类特种加工技术,它包括基于阳极溶解原理的电解加工和基于阴极沉积原理的电铸。电解加工无论是在加工效率、加工成本、加工质量,还是材料的适应性等方面都体现出很大优势。在航空领域中已应用于航空发动机机匣、压气机叶片/整体叶盘、涡轮叶片气膜冷却孔等结构/零件的加工,例如:沈阳黎明航空发动机公司、西安航空发动机公司将电解加工用于压气机叶片、机匣的加工,贵航黎明航空发动机公司采用电解加工压气机叶片型面,北京航空制造工程研究所采用电液束一种电解进行涡轮叶片气膜冷却孔的加工,他们还利用照相电解加工方法进行薄壁群孔结构的加工等。

欧美各国对电解加工技术作为难切削材料复杂结构的主流制造技术,投入了大量的经费、人力进行研究,取得了很大进展,其研制的设备相比国内,成熟度和自动化程度高。同时,国外在航空发动机等重大装备的研制中,对于新材料、新结构的研究和应用起步早,开展相应的电解加工技术研究也比较早,因此相对来说积累了更多的经验。尽管国内多家航空发动机制造企业拥有电解加工装备,但其中的很多设备为20世纪80年代的产品,设备老旧,加工精度、自动化程度较低,很难满足现代航空工业对加工精度、加工效率的要求,制造企业对于高精度的先进电解加工设备及工艺的需求十分迫切。

在电解加工工艺研究方面,我国

的研究水平并不比国外低,在若干方面还处于国际先进,甚至是国际领先水平。因此综合来看,我国的电解加工技术及装备未来大有可为。

☞: 近年来随着电子技术的发展,高频窄脉冲精密电解加工技术得到迅速发展,但由于电解本身工艺的复杂性,完全掌握该技术是非常困难的,目前还需要攻克哪些关键技术?

曲宁松: 德国、美国和俄罗斯等人在高频窄脉冲精密电解加工技术方面的科学研究和工程应用做得最好,已经实现了航空发动机压气机叶片、整体叶片的电解精加工。但需要指出的是,他们不仅仅采用了高频窄脉冲电解加工电源,还耦合了实现小间隙加工的另一种技术:振动电解加工。振动电解加工的基本思想是在加工中对阴极施加微幅振动,使加工间隙交替扩大和缩小,强化电解液更新,促进了产物从工件表面剥离,均匀间隙内的电导率。它目前实现精密电解加工的主流技术途径,其关键技术主要包括小电压、大电流的高品质大功率高频脉冲电解加工电源、工具精密振动部件、脉冲电流与振动的耦合调控等。虽然德国、俄罗斯等已经基本掌握了该项技术,但国内在此方向的研究还不成熟,需要攻克高品质高频窄脉冲电解加工电源研制、脉冲电流与振动耦合调控等关键技术。

☞: 航空制造中的新材料、高设计标准对电加工装备(包括机床、刀具、测量设备等)提出了更高的要求,目前国内的装备是否能满足要求?是否需要采用进口设备?如何解决昂贵的价格与降低成本要求之

间的矛盾?为了满足航空制造的需求,国内电加工装备的研制还需要做出哪些努力?

曲宁松: 在航空制造领域中,国

曲宁松: 南京航空航天大学教授、博士生导师,享受国务院政府特殊津贴,2011年入选江苏省“333高层次人才培养工程”第二层次(中青年科技领军人才),2012年被聘为江苏特聘教授,入选2013-2014国家教育部长江学者特聘教授奖励计划。主要从事电化学加工理论及应用的研究工作,兼任全国特种加工学会电化学制造技术专业委员会副主任委员。先后主持国家“863”重点项目、国家自然科学基金面上项目及国防基础研究计划等国家及省部级项目。获国家技术发明二等奖2项(2007年排名2、2011年排名3)和教育部自然科学二等奖1项(2008年排名2);发表SCI论文64篇,SCI他引402次,第一作者单篇SCI他引93次;授权发明专利30件。



内机床装备能否满足要求,是否采用进口设备,需要进行具体分析。由于欧美制造强国的工业基础雄厚,机床装备研制能力强,应该说在机床的稳定性、成熟度、自动化程度方面目前比我国更胜一筹。但是电加工技术,特别是电解加工技术的特点决定了机床必须和工艺紧密结合,没有与航空关键部件相适应的电加工工艺,机床也无法充分利用,无法实现精密、高效加工。国内相关的科研院所和高校所做的研究工作更贴合我国的实际情况,针对具体零部件的工艺研究更为透彻,同时也能够更方便快捷地为航空制造企业服务。随着我国装备制造水平的不断提高,与国外机床的差距不断缩小,相信国内的电加工制造装备必然将在航空制造中占有更为重要的位置,并不断扩大份额。

(采访 玲犀 责编 宁军)