



刘战强 LIU Zhanqiang

国家杰出青年科学基金获得者

Winner of the National Science Fund
for Distinguished Young Scientists

山东大学机械工程学院教授、
博士生导师

Professor and Doctor Advisor of School
of Mechanical Engineering, Shandong
University

国务院政府特殊津贴专家,泰山学者特聘教授,教育部新世纪优秀人才支持计划、山东省自然科学杰出青年基金、霍英东青年教师基金获得者。现任山东大学机械工程学院学术委员会主任、山东省高效切削加工工程技术示范研究中心主任、高效洁净机械制造教育部重点实验室副主任。兼任国际期刊 *J Adv Mech Eng* 和 *Mater Process Sci Tech* 编委,美国机械工程师学会(ASME)会员及制造工程技术委员会委员,国际磨料技术委员会(ICAT)及欧洲材料成型学会会员,全国刀具标准化技术委员会委员,中国金属切削刀具技术协会常务理事,中国机械工程学会生产工程分会切削专业委员会委员等。

加强刀具技术研究 提高制造业竞争力

——访国家杰出青年科学基金获得者,山东大学机械工程学院教授刘战强

Tool Technology Research Improves Manufacturing Competitiveness

本刊记者 玲 犀

玲犀: 您长期从事高速切削加工理论(特别是切屑形成机理)、刀具磨损、铣削稳定性、加工表面完整性等方面的研究,请介绍下您在这几方面开展了哪些创新性研究?取得了哪些研究成果?

刘战强: 与普通切削加工技术相比,高速切削加工在切屑形成机理、刀具磨损、切削加工稳定性及加

工表面完整性等方面均存在显著差别。加工塑性金属材料时,随切削速度提高,切屑形态由连续带状转变为锯齿状乃至碎断状,切屑形态对刀具寿命和加工表面质量具有重要影响,研究切屑形成过程的力学控制机制及其与切削条件之间的关系至关重要。课题组在研究过程中依据自己发明的超高线速度获取方法和高速


切削条件下切屑根部获取方法,结合力学、能量学及材料学分析,提出了绝热剪切-韧性断裂复合型锯齿状切屑形成模型,揭示了切屑变形规律和集中剪切带的启动与扩展路径。建立了高速切削切屑锯齿化学条件,提出了切屑锯齿化临界切削速度预测模型;揭示了超高速切削过程中塑性金属材料热-力耦合作用下

的塑脆转化机制,发现了超高速加工的材料去除本质为脆性断裂,得出了超高速切削的临界切削速度判据。

在刀具磨损机理方面,将热力学熵的概念引入高速切削刀具磨损研究,提出了基于热力学熵的切削加工刀具磨损研究方法,揭示了涂层材料导温系数和导热系数对刀具涂层的热障作用机理,为刀具材料设计和涂层选材提供了方向指导;针对高速切削过程中应用普遍的涂层刀具提出了刀具瞬态切削温度解析算法,揭示了涂层对刀具切削热和切削温度的影响规律。


在切削加工稳定性方面,提出了高速铣削多维稳定性研究方法,建立了时变弱刚性件高速铣削三维稳定性模型,揭示了几何参数、铣削工艺参数等多因素对切削稳定性的影响规律;建立了稳定切削条件下的材料最大去除率模型,提出了稳定铣削条件下切削参数的调控方法,获得了无颤振条件下的最大材料去除率,实现了高效率下的高精度加工。

在加工表面完整性方面,揭示了相变和塑性变形耦合作用高速切削加工表面完整性的形成机理,通过工艺调控改善了加工表面完整性,揭示了微/纳切削加工表面完整性表征参数的分布规律。以加工零件服役性能(包括疲劳寿命、表面耐腐蚀性、医用器件生物相容性等)为驱动,建立了加工表面完整性与零件服役性能之间的映射关系,可实现零件长服役寿命的高表面完整性加工。

: 切屑形态对切削过程中的排屑、刀具磨损、工件已加工表面质量等具有重要的影响,请问影响切屑形态的主要因素有哪些? 该如何控制这些因素来改善切屑形态?


刘战强: 高速切削过程中对切屑形态的影响因素主要包括工件材料微观组织与力学性能、切削速度等。我们通过研究发现,随切削速度提高,切屑形态由带状演化为锯齿状

直至碎断状,因锯齿状及碎断切屑有利于断屑而益于实现自动化生产。超高速切削条件下碎断切屑形成时材料几乎不发生塑性变形,切削区域温升小,刀具所受热冲击影响小而利于减缓磨损。但是碎断切屑的形成条件是超高切削速度下工件材料经由塑脆转变而被脆性断裂去除,切屑脆性断裂过程中容易在加工表面残留脆性裂纹和凹坑等缺陷。而锯齿状切屑形成时加工表面发生塑性变形而具有良好的表面加工质量和高表面完整性。因此,为充分发挥高速/超高速切削的高效率、高精度和高质量优势,可制定粗加工与半精加工过程采用超高速切削,而精加工过程采用高速切削的复合加工工艺。兼顾其他切削因素影响,随切削深度或背吃刀量增大、随刀具前角减小时,有利于锯齿状切屑与碎断切屑的形成,在保证切削加工系统具有足够的刚度和加工表面质量满足需求时,可采用大切削用量与小前角刀具。当然,对于复杂的切削加工过程而言,除了需要考虑刀具寿命和加工表面质量外,还需考虑切削力、切削温度及切削能量消耗等因素。

: 在未来超高速切削领域的研究中,切屑形态以及切屑形成涉及的材料动态力学性能和物质结构变化仍将是研究热点和难点,您将在这些方面开展哪些研究?

刘战强: 相关研究拟从3方面展开:一是搭建与超高速切削载荷相同或相似的力学性能试验平台,测试材料在超高应变率下的变形与失效行为,同时结合试验力学技术实时捕获材料变形与失效行为;二是利用透射电子显微镜和背散射电子衍射等显微观察技术分析超高速切削已加工表面和切屑微观组织结构,建立超高速切削载荷与对应材料微观结构之间的映射关系;三是进一步发展有限元方法和其他一些数值计算方法,使之能够模拟出超高速切削切

屑的形成及内部组织演化过程,以辅助研究者“事先”预知材料在超高速切削过程中的动态力学行为。

: 随着切削加工过程监测技术的发展,智能刀具成为研究的热点,是未来刀具的发展方向。您在智能刀具技术方面做了哪些研究? 还需突破哪些关键技术?

刘战强: 课题组在智能刀具技术方面的研究主要包括无线测温智能刀具、基于涂层热电效应的实时温度监测刀具、减振刀具、无线射频识别智能刀具等。

铣削过程中,铣削刀片随主轴旋转,有线接触式热电偶测温方法已不再适用,非接触式测量方法对加工过程中的刀具内部温度的测量很难实现。因此研制了热电偶无线测温智能刀具,通过无线收发装置及热电偶测量旋转刀具温度,实现了温度信号实时监控。基于涂层热电效应的实时温度监测是在切削刀具基体材料上制备涂层,利用刀具材料与涂层材料之间形成的热电偶测试切削刀具不同位置的瞬态温度,发明的该智能刀具利用刀具自身作为传感器,结构简单且不受切削液等介质的影响。约束阻尼减振刀具,针对长悬伸弱刚性镗刀、铣刀、车刀等而设计,通过高阻尼刀杆材料优选及结构优化设计使切削振动的抑制不再成为难题。无线射频识别刀具是通过无线射频识别技术实现工厂内不同刀具的自动识别、实时库存盘点、工具实时追踪、到期提醒等功能,可实现对产品制造全过程中刀具状态的监控。

研究智能刀具涉及多学科交叉研究,需要建立在大量制造经验和试验验证的基础上。智能刀具研究需要突破的关键技术主要在于传感器测试性能的提高,传感器与旋转刀具的集成,无线传感器的引入及传感器的小型化、快速响应、嵌入式、多传感器数据融合等将是未来智能刀具的主要发展方向。 (责编 大漠)