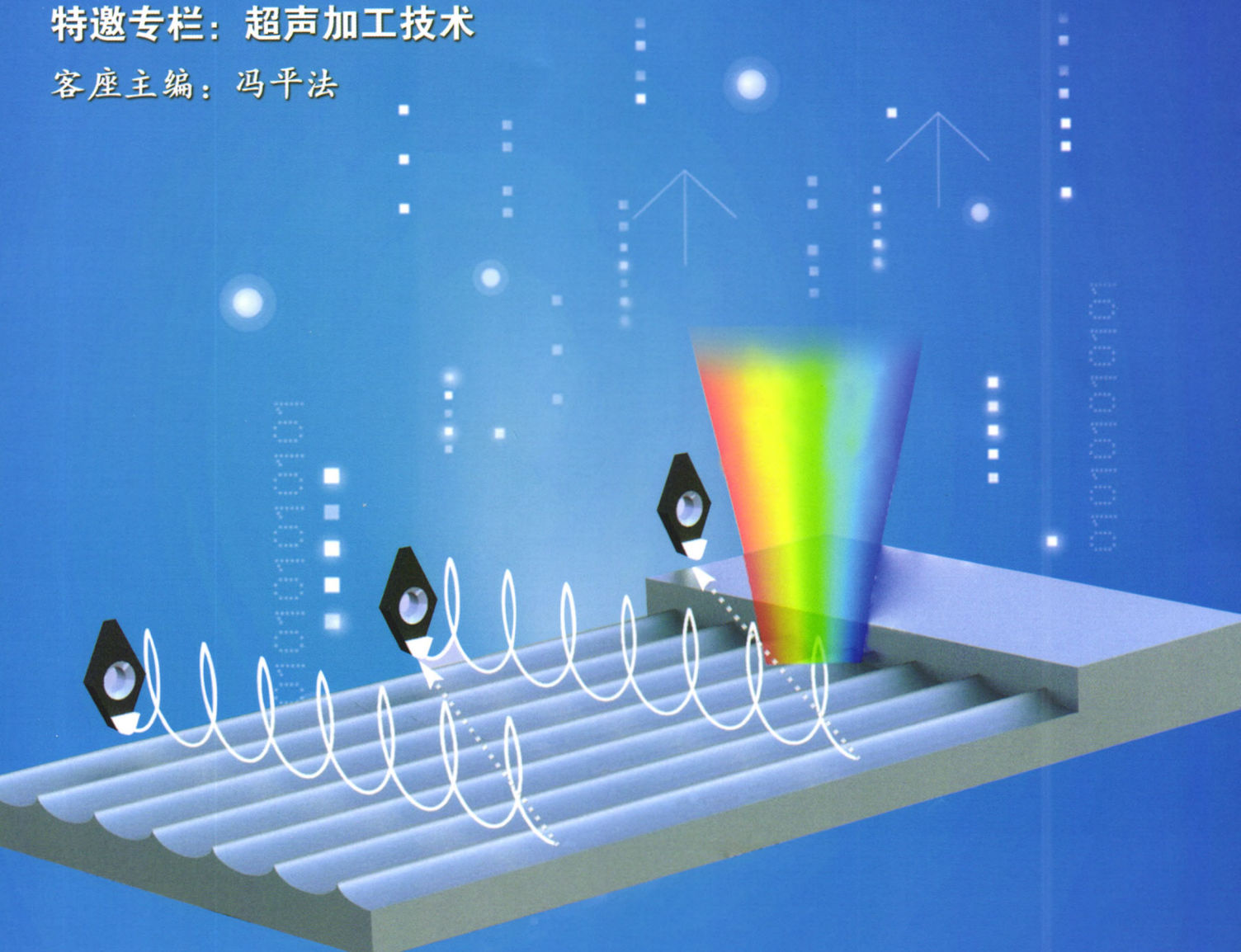


机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

特邀专栏：超声加工技术

客座主编：冯平法



/// 特邀专栏 ///

超声加工技术

客座主编：冯平法教授（清华大学）

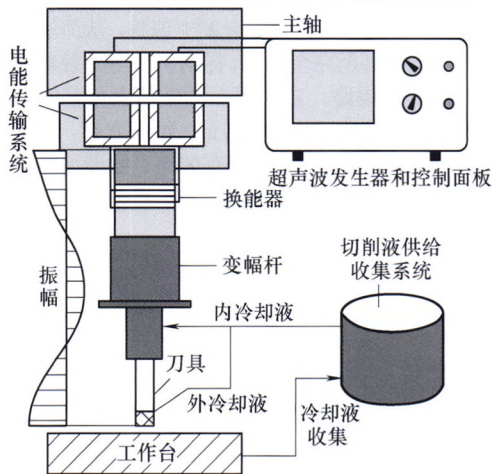
策划编辑：岑伟（《机械工程学报》编辑部）

1 中国的超声加工

张德远

3 硬脆材料旋转超声加工技术的研究现状及展望

冯平法 王健健 张建富 吴志军

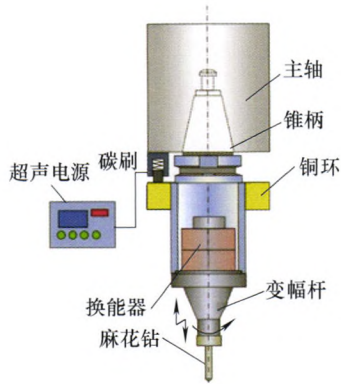


摘要：旋转超声加工是一种复合特种加工技术，它复合了传统超声加工和普通磨削加工的材料去除方式，在提高硬脆材料去除效率、减小切削力、提高加工精度和表面完整性等方面具有显著优势。自旋转超声加工技术发明至今，国内外学者开展了大量的有关旋转超声加工装备及工艺的研究工作，并且已在几乎所有主要的硬脆难加工材料中得到实际应用。本研究在简要概述旋转超声加工技术的基本原理和发展过程基础上，总结国内外学者在材料去除机理、工艺特性、加工新形式以及装备研发等几方面的主要研究成果，并对旋转超声加工技术的发展趋势及值得关注的问题进行展望。

22 超声加工技术的应用现状及其发展趋势

房善想 赵慧玲 张勤俭

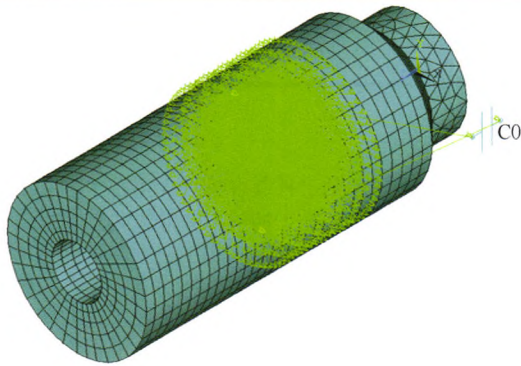
摘要：根据近年来超声加工技术的发展状况，综述了超声加工技术的应用现状及其发展趋势。超声加工技术具有其极强的切削能力、极小的切削抗力、极细微的光整能力以及极高的强化能力。国内外学者对超声振动系统中的超声换能器和变幅杆进行研究，目的在于增加系统的功率与变幅杆的振幅，以及适用于特定的加工环境。超声加工技术以其工艺优势在难加工材料加工、深小孔加工、薄壁件加工、超声表面光整强化、超声焊接和磨粒冲击等加工领域获得越来越广泛的应用，并且其应用涉及半导体工业、高速列车、汽车制造、航空航天、光学元器件、医疗工业等产业领域。随着超声加工技术应用的日益普遍，超声复合加工、微细超声加工、旋转超声加工以及超声骨切削技术也将得到进一步的发展和运用。



摘要: 麻花钻钻孔是机械加工领域最为常用的孔加工方法。传统麻花钻钻孔加工中,特别是对一些难加工材料进行钻孔加工时,存在轴向力大、表面质量差等诸多问题。超声振动辅助钻削属于振动钻削技术的一种,即在钻孔过程中在麻花钻上施加大于 15 kHz 的高频振动,钻头的周期性振动改善了切削刃工作状态,可在一定程度上解决难加工材料制孔难题。介绍超声振动辅助钻削技术的分类、技术特点和系统组成的基础上,从动力学研究、振动断屑理论研究、切削力研究、精度及加工质量研究、在新材料上的应用和超声振动钻削装置六个方面论述了超声振动辅助钻削理论和技术的国内外研究进展。基于超声振动辅助钻削技术的发展现状,结合航空航天等领域难加工材料制孔技术的需求,从理论研究、超声振动系统开发完善、新材料工艺研究、专用超声辅助钻削机床开发以及超声振动辅助加工规范标准制定等方面指出了现有研究和应用中存在的问题并对未来发展趋势做以展望。

45 压电超声换能器电负载调频特性研究

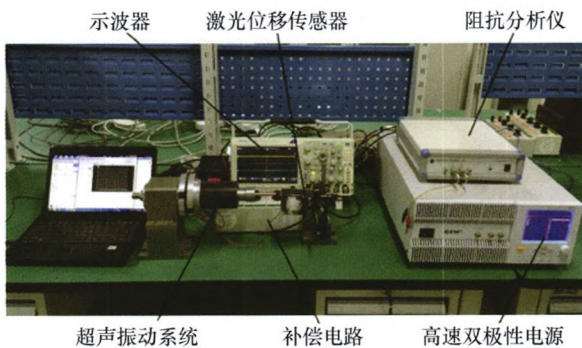
王天圣 吴志军 冯平法 张建富 郁鼎文



摘要: 压电超声换能器由于具有较高的机械品质因数,因此对谐振频率的变化十分敏感。在负载、温度等工况因素影响下,超声换能器谐振频率会发生偏移,从而造成其出现工作性能下降甚至完全失效。提出一种电负载影响下的超声换能器等效电路,建立谐振频率与电负载的关系模型,并通过仿真以及试验进行验证。结果表明,这种电负载调频的压电超声换能器,可以有效地克服谐振频率偏移带来的性能损失问题,为新型超声加工系统的研制奠定了理论基础。

52 超磁致伸缩超声振动系统的机电转换效率研究

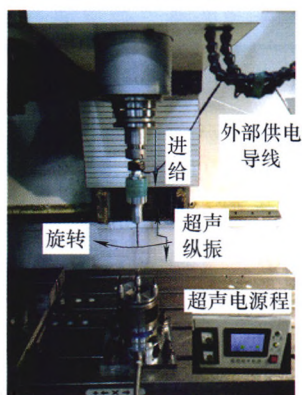
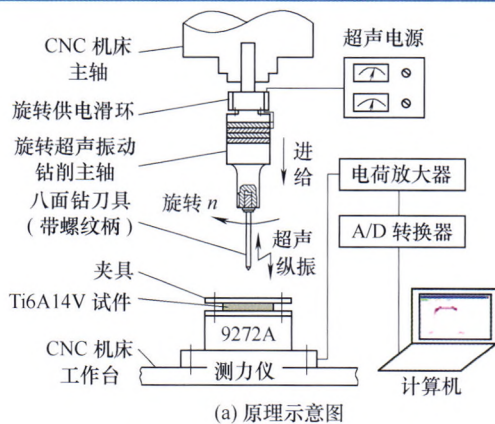
蔡万宠 张建富 郁鼎文 吴志军 冯平法



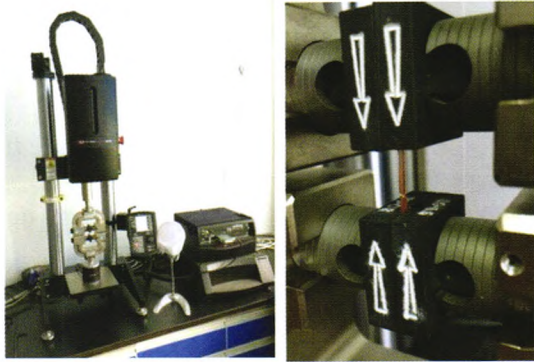
摘要: 为提高超声振动系统的能量转换效率和功率容量,提出超磁致伸缩超声振动系统的设计方法,研究导磁体材料特性对超声系统振动性能的影响规律。采用硅钢、铁氧体和磁粉心三种磁性材料设计导磁体,并建立超声振动系统的等效电路模型;通过阻抗分析建立 3 种超声振动系统的阻抗圆曲线,得到谐振频率和机电转换系数等参数,提出导磁材料特性对系统机电能量转换效率的影响规律。为验证阻抗分析结果的正确性,试验测定 3 种超声系统在不同电压幅值激励下的振幅-电流灵敏度与频率的关系曲线,验证导磁材料参数与系统机电能量转换效率之间的关系。结果表明:高磁导率铁氧体材料可提高超声振动系统在小功率工作条件下的机电能量转换效率,而对于大功率超声振动系统而言,需要兼顾磁导率和饱和磁通密度,使导磁体工作于非磁饱和状态,以提高系统换能效率,这有助于指导不同功率大小超声振动系统的导磁体材料选择。



摘要: 超声辅助磨削是一种适于加工陶瓷等硬脆材料的先进复合加工技术。超声辅助磨削过程中，超声振动参数与磨削用量的匹配性决定了超声振动作用对磨削过程的影响程度，目前尚缺乏深入的研究。针对这一问题，采用单颗磨粒工具对SiC陶瓷工件抛光表面进行超声辅助磨削及普通磨削试验，通过单颗磨粒磨削力、力比、磨削划痕形貌的对比，分析超声振动作用对磨削过程的影响随磨削用量变化的规律。结果表明，相同条件下单颗磨粒超声辅助磨削的磨削力与力比均小于普通磨削时；磨削用量较小时，单颗磨粒超声辅助磨削划痕形貌呈明显的锤击作用及断续磨削特征。随磨削用量的增大，超声辅助磨削过程中的锤击作用显著弱化，断续磨削特征趋于消失，两种方法之间的磨削力差异减小，即超声振动参数与磨削用量的匹配性变差。



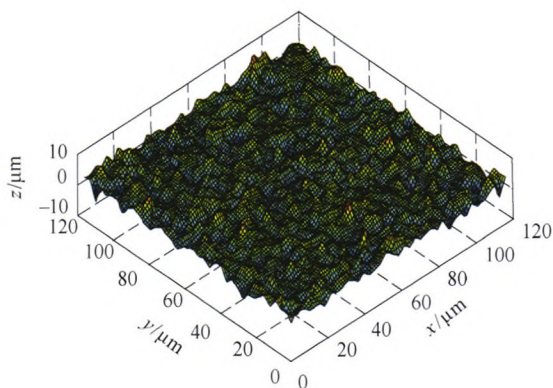
摘要: 针对难加工材料钛合金在采用普通麻花钻传统钻削过程中存在钻削力和扭矩较大使得钻孔困难，刀具使用寿命低，连续长切屑易缠绕刀具、划伤孔加工表面、增大刀具-切屑-工件孔壁之间的摩擦以及排屑差引起堵屑和卡刀具的问题，引入一种新刃型刀具(即八面钻)，并结合超声振动钻削技术，进行了钛合金旋转超声辅助钻削试验。分析了旋转超声辅助钻削和普通钻削中切屑形成原理，采用文中所设计的旋转超声振动钻削主轴结合BV100立式加工中心平台、测力系统和非接触激光测量系统进行了无冷却条件下基于八面钻的钛合金旋转超声辅助钻削和普通钻削试验以及钻削力、扭矩和切屑形态的研究。试验结果表明：相比于普通钻削，超声钻削明显降低钻削力和扭矩分别为19.07%~20.09%和31.66%~34.3%，明显增强了钻头横刃和主切削刃的切削能力，获得了良好的断屑和排屑效果，提高了切削过程的稳定性，能够极大改善钛合金钻孔过程钻削困难、刀具使用寿命低和孔加工质量差的问题。



摘要: 以直刃尖刀超声辅助切割 Nomex 蜂窝芯的简化模型为基础, 建立基于脆性断裂力学理论的超声辅助切削动态力模型, 并分情况讨论了刀具与材料间的相对运动关系。分析指出在不同振幅条件下, 材料的切割破坏存在断续和连续两种形式, 进而推导了切割过程中的切削力的理论公式。其中超声振幅、刀具前倾角、进给速度和超声频率等参数对材料切削力大小均有影响。在理论分析的基础上, 开展了超声辅助切割 Nomex 蜂窝芯复合材料实验。试验结果表明, 进给方向的超声振幅和刀具前倾角对切削力的影响较大: 当进给方向的超声振幅从 0 到 $15\ \mu\text{m}$ 变化、刀具前倾角从 15° 到 45° 变化时, 切削力均可降低 70%~80%; 进给速度和超声频率对于切削力影响较小: 当进给速度从 500 到 6000 mm/min 变化 12 倍时, 切削力仅变为 1.5 倍; 超声频率 35 kHz 与 15 kHz 相比, 切削力降低 10%~30%。试验结果与理论分析结论一致。

83 超声振动螺旋线磨削表面微观形貌建模与仿真研究

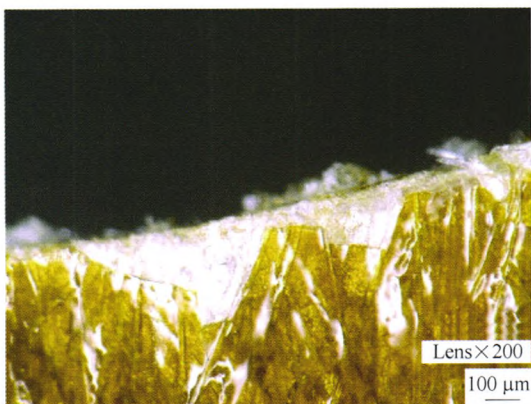
王秋燕 梁志强 王西彬 周天丰 赵文祥 吴勇波 焦黎



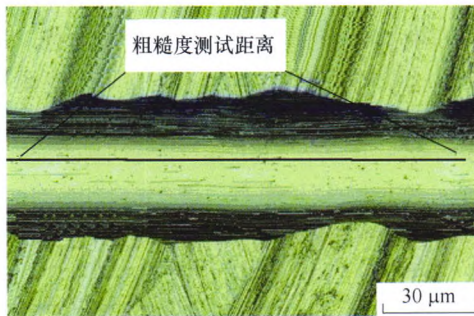
摘要: 为了实现高效率、高质量、低损伤的硬脆材料加工, 对工件或砂轮同时施加砂轮轴向和径向的超声振动, 该方法的显著特点是磨粒切削轨迹呈三维空间螺旋线型, 将其定义为超声振动螺旋线磨削方法。在磨削工艺和二维超声振动的多参数共同作用下, 材料去除机理产生复杂变化, 表面微观形貌创出过程变得极其复杂。为此, 提出一种超声振动螺旋线磨削加工表面数值仿真方法。基于超声振动螺旋线磨削几何映射关系, 建立磨粒相对工件的空间螺旋线切削运动模型, 进而给出超声振动螺旋线磨削加工表面生成模型, 模拟出普通磨削和超声振动磨削的三维表面微观形貌, 对比分析了超声振动对表面形成过程的影响规律。最后将仿真表面与磨削试验表面对比, 发现两者微观形貌特征规律基本一致, 验证了仿真方法的正确性和有效性。

90 Nomex 蜂窝芯直刃尖刀超声切割表面微观形貌特征

张迅 董志刚 王毅丹 宿增迪 宋洪侠 康仁科



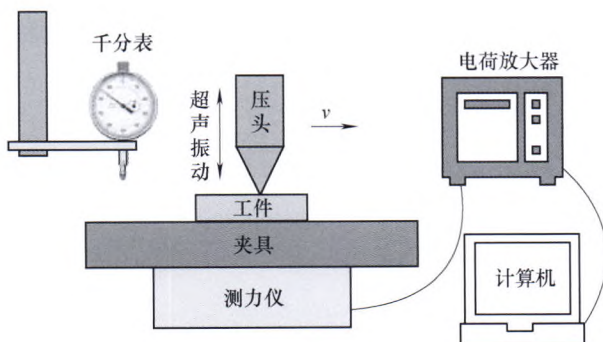
摘要: Nomex 蜂窝芯是典型的难加工材料, 具有高比强度, 比刚度及各向异性的特点。超声辅助切割是蜂窝芯复合材料的一种高效加工方法, 可以得到比高速铣削更好的加工质量。但是在超声切割加工过程中依然会存在不同程度的纤维拔出, 酚醛清漆层剥落等加工缺陷特征。为了研究其微观形貌特征, 采用纵切, 斜切, 横切三种方式切割蜂窝芯, 并对蜂窝芯的加工形貌进行观测。根据微观形貌在蜂窝芯壁上的位置, 分别归纳为酚醛清漆层、热压芳纶纸层和蜂窝壁的形象。研究超声刀具加工参数对材料破损形貌特征的影响。结果表明在 $10\ \mu\text{m}$ 到 $30\ \mu\text{m}$ 范围内提高超声刀具振幅, 在 500 mm/min 到 3 500 mm/min 范围内降低进给时会降低蜂窝芯加工过程中的酚醛清漆层剥落的几率。



摘要: 超声辅助切削和切削液的联合使用能减小切削力和降低表面粗糙度, 试图说明其机理, 目的是为开发精密和超精加工技术打下基础。超声辅助切削和切削液的联合使用, 从性质上改变了刀刃施加给工件表面的作用力, 包括摩擦力和压力: 在无切削液情况下, 刀刃切入时, 前刀面和后刀面施加给被切削面的摩擦力方向是指向刀刃; 在有切削液情况下, 刀刃切入时, 前刀面和后刀面施加给被切削面的摩擦力方向是背向刀刃。背向刀刃的摩擦力, 相对于指向刀刃的摩擦力而言, 会导致剪切角增大, 等效于更锋利的刀刃所产生的剪切角; 切削液的存在使得刀刃施加给工件的力更加集中, 等效于圆角半径更小的刀刃所能达到的效果; 切削液在刀尖部位的压力分布不利于工件表面产生微裂纹。也就是说, 超声辅助切削和切削液的联合使用起到了更锋利即更小圆角半径刀刃所起的效果, 称之为非物理锐化。

107 高体积分数 SiCp/Al 复合材料旋转超声铣磨加工的试验研究

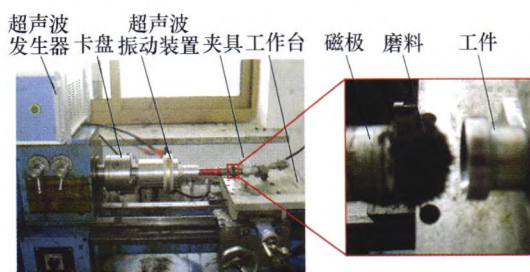
查慧婷 冯平法 张建富



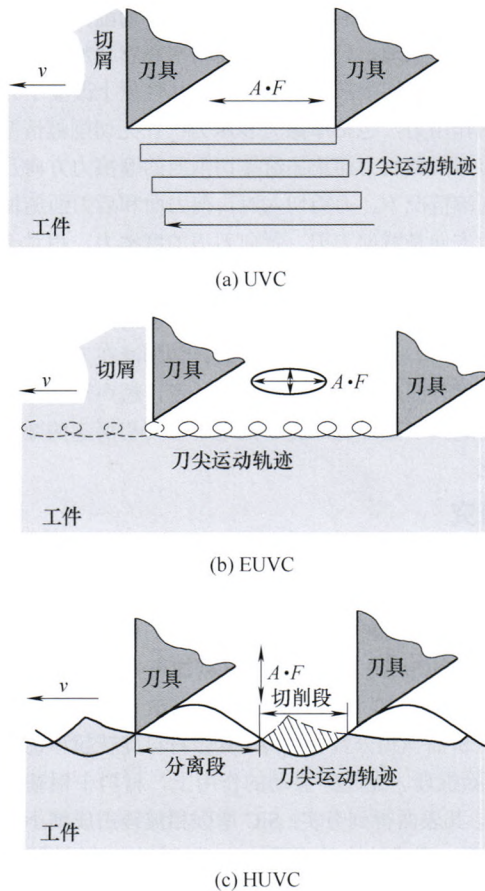
摘要: 由于大量高硬度增强相 SiC 颗粒的存在, 高体积分数铝基碳化硅(SiCp/Al)复合材料的机械加工十分困难。旋转超声加工被认为是加工这种材料的有效方法。通过超声辅助划痕试验, 分析高体积分数 SiCp/Al 复合材料旋转超声铣磨加工的材料去除机理。在超声振动的作用下, 材料中铝基体发生塑性变形, 其表面得到夯实; SiC 增强相被锤击成细小的颗粒而发生脱落, 形成较大的空洞。由于材料加工的缺陷大多产生于 SiC 颗粒的去除过程中, SiC 颗粒的去除方式对加工表面的质量起着决定性的作用, 选择合适的工艺参数可以有效提高加工表面质量。旋转超声加工工艺特征试验表明, 超声振动可有效降低切削力; 主轴转速对轴向切削力的影响最大, 其次是进给速度, 切削深度对轴向切削力的影响较小; 另外主轴转速对表面质量的影响效果也最大, 并随主轴转速的增大表面粗糙度增大。因此在加工过程中, 可以适当加大切削深度, 在保证加工质量的基础上, 选择较大的进给速度, 在保证刀具寿命的前提下, 选择合适的主轴转速, 以获得较优的加工表面质量和加工效率。

114 超声磁力复合研磨钛合金锥孔的试验研究

焦安源 全洪军 陈燕 韩冰



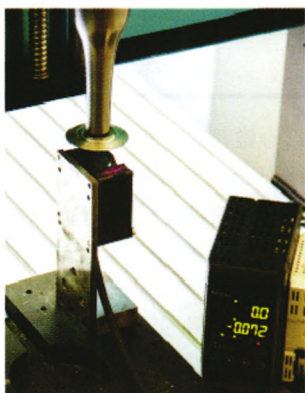
摘要: 为了提高钛合金锥孔的研磨质量和研磨效率, 提出了采用超声波振动辅助磁力研磨的复合加工方案。加工时, 磨粒在磁场束缚下切削锥孔表面, 并对其不断撞击, 且因为磁场力、超声振动力和离心力等综合影响的原因, 磨粒的切削轨迹呈现明显的多向性。针对钛合金锥孔, 与传统磁力研磨法进行试验对比, 并分析研磨后试件的材料去除量、表面粗糙度和表面形貌等来验证超声磁力复合研磨的效果。结果表明: 超声磁力复合研磨加工效率得到提高; 锥孔的材料去除量增加至 1.6 倍; 研磨后锥孔平均表面粗糙度由原始的 $R_a 1.23 \mu\text{m}$ 降至 $R_a 0.25 \mu\text{m}$, 下降率是传统工艺的 1.3 倍; 试件表面的微波峰、凹坑和加工纹理均被去除, 锥孔表面质量得到显著提高, 且试件形状精度得到改善。



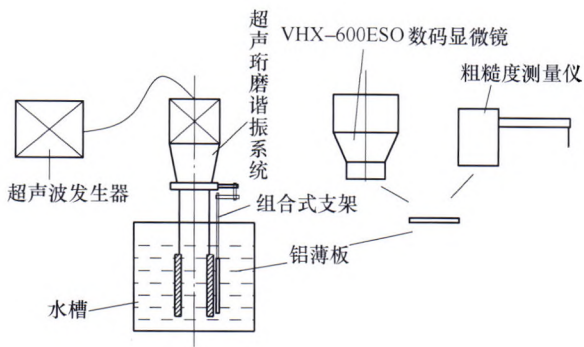
摘要: 钛合金由于其出色的机械性能广泛的应用于航空航天结构组件中。但较低的机械加工性使得钛合金切削速度低,即使在使用先进的切削刀具时,也因切削高温而难以进行高速切削加工。断续切削是一种有效地降低切削温度和改善切削质量的方法,作为典型的断续切削方法,传统超声振动切削(Traditional ultrasonic vibration cutting, UVC)和椭圆超声振动切削(elliptical ultrasonic vibration cutting, EUVC)已取得了显著的加工优势。但振动切削临界速度限制了它们的应用仅在低速切削场合。因此一种新的超声振动切削方法被提出,即高速超声振动切削(High-speed ultrasonic vibration cutting, HUVC),此时刀具的振动方向与进给方向平行。当切削速度远远超过 UVC 和 EUVC 方法的临界速度时,刀具和工件依旧可以在一定的条件下实现分离。从而 HUVC 方法实现了宏观上的高速切削和微观上的断续切削,提升了钛合金的切削加工性。首先, HUVC 方法的原理在文中给出,随后通过一系列使用普通切削(Conventional cutting CC)方法和 HUVC 方法的高速切削 Ti-6Al-4V 合金的对比试验来验证 HUVC 方法的可行性。试验结果表明,因刀具磨损的显著下降, HUVC 方法的刀具寿命可最大提升 300%。此外,相比 CC 方法, HUVC 方法的切削效率可以显著提升 90%,切削力最大下降 50%并在连续的切削加工过程中获得更佳的质量。

128 超声切割铝蜂窝试验研究

孙健淞 董志刚 王毅丹 刘津廷 秦 炎 康仁科



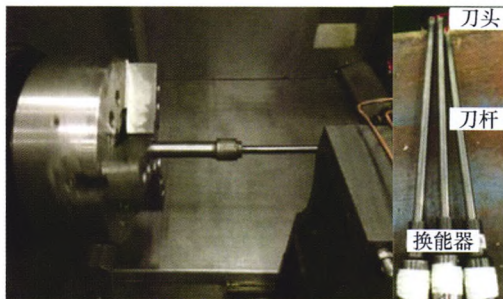
摘要: 超声切割技术作为快速发展的加工工艺,越来越广泛地应用于复合材料的加工,尤其是以纸蜂窝材料为代表的弱刚度复合材料。开展了超声切割铝蜂窝试验研究,通过分析不同振幅、不同进给速度下的切割力、超声切割后蜂窝工件的宏观和微观形貌,验证了超声切割铝蜂窝的可行性和优势。试验结果显示,超声切割后蜂窝宏观结构无明显破坏,无明显毛刺毛边产生,提高超声振幅和进给速度可以改善蜂窝切割后微观表面形貌;刀具的超声振动可以显著减小切割力,且在相同进给速度下随着超声振幅的提高,切割力变小;在相同超声振幅下随着进给速度的提高,切割力变大,但变化幅度较小。通过对超声切割铝蜂窝过程的受力分析,讨论了超声振幅、进给速度的变化对切割力的影响规律,并与试验结果进行对比,从理论上分析了造成超声切割力规律性变化的内在原因。



摘要: 功率超声珩磨加工过程中会发生空化现象, 为探究空化对被加工材料表面的影响, 进行超声珩磨空化正交试验并针对凹坑最大直径、表面侵蚀率、表面粗糙度三个指标进行试验分析, 这三个指标可分别表征单泡溃灭强度, 整体空化强度及空化对材料表面质量影响, 结果表明: 空化造成材料表面微小凹坑, 影响凹坑最大直径的主要因素依次为距离和振幅, 距离越小, 振幅越大, 则凹坑最大直径越大; 影响表面侵蚀率的主要因素依次为试验时间和距离; 而振幅则对材料表面粗糙度的影响最大, 在距离 5 mm、振幅 65 %、试验时间 1/3 min 条件下, 试样表面粗糙度降低, 表面质量提高。因此, 在一定条件下, 空化效应有助于改善超声珩磨中工件表面质量, 试验分析结果对超声珩磨实际加工具有借鉴意义。

143 超声振动改善深孔镗削加工质量

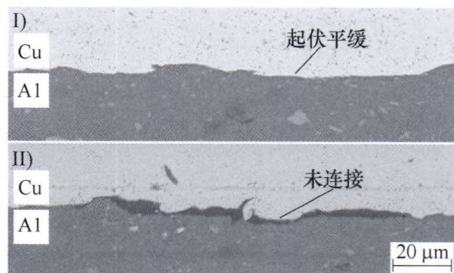
张翔宇 隋 嵩 张德远 吴瑞彪



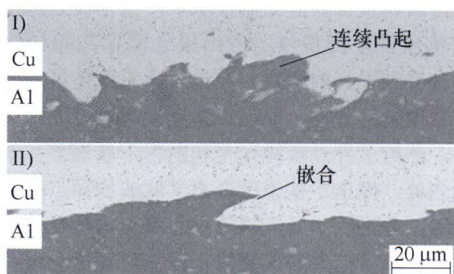
摘要: 深孔加工在航空发动机制造过程中广泛存在, 由于其刚性弱, 静态让刀量大, 导致加工颤振和刀具磨损严重, 使得其加工质量难以得到保证。超声振动切削作为一种特种切削加工手段, 具有降低切削力, 提高系统刚性和抑制加工颤振等优势。将超声振动应用于深孔镗削, 进行了断屑条件验证, 孔径误差测量, 已加工表面粗糙度测量以及表面形貌观测等试验。试验结果表明, 超声振动镗削能够有效缓解深孔镗削过程中的堵屑问题, 减小孔径误差和表面粗糙度, 抑制切削颤振, 从而改善深孔镗削加工质量。

149 TIG 电弧预热辅助铝-铜超声波缝焊工艺研究

于江 王波 纪昂 张洪涛



(a) TIG 电流 15 A

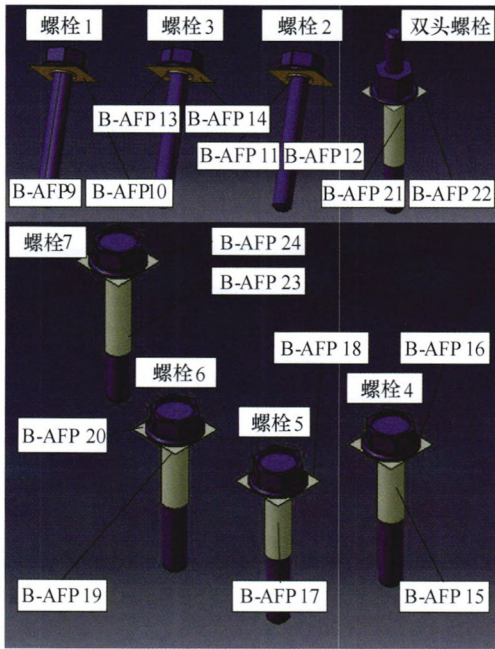


(b) TIG 电流 30 A

摘要: 对 1 mm 厚铝-铜 TIG 电弧预热辅助超声波缝焊试验进行了研究, 通过金相显微镜、扫描电子显微镜、能谱分析等技术分析了不同 TIG 电流对焊缝成形、界面温升、界面形貌以及力学性能的影响。结果表明, TIG 电弧预热可以软化板材, 有助于高频振动能量的传递, 为得到良好的缝焊接头提供条件。在 TIG 电弧预热和纯铝夹层的共同作用下, 界面处温度最高可达 446℃。当 TIG 电流较小时, 电弧预热不充分, 焊接界面处起伏比较平缓, 局部区域出现未连接现象, 拉剪试件在铝铜界面处断裂; 当 TIG 电流增大到 30 A 时, 在电弧热和高利用率的高频振动能的作用下, 界面塑性流动程度提高, 界面处出现“嵌合”、“连续凸起”等典型形貌, EDS 分析显示界面未出现金属间化合物, 拉剪试件断裂在紫铜母材上, 最大拉剪力为 2.58 kN。

154 基于结构预映射的产品建模

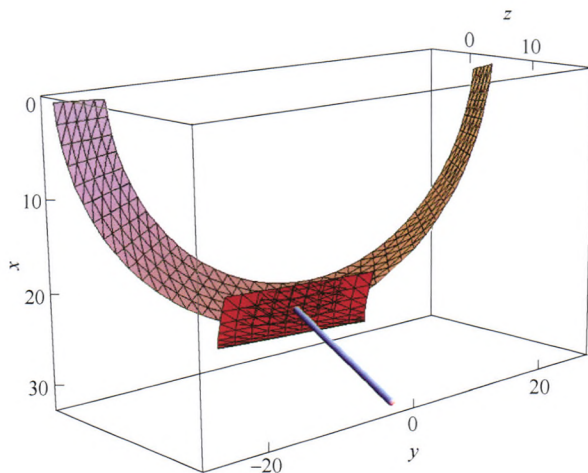
徐志佳 王清辉 李静蓉



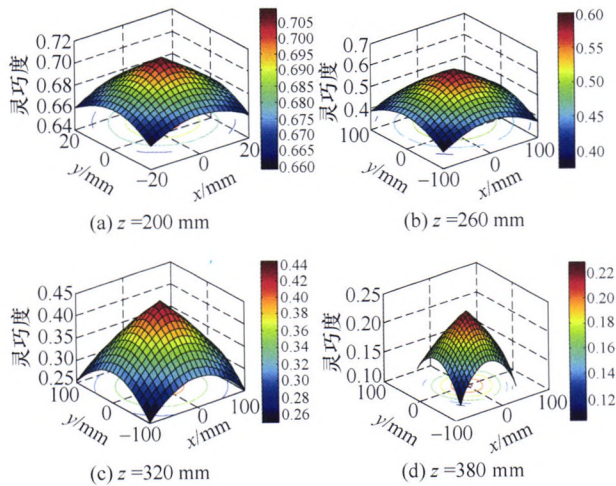
摘要: 零件建模和装配建模是产品建模的两个方面,对制造企业的竞争力有重要影响。在当前的计算机辅助设计系统(Computer-aided design, CAD)中,尽管两者已高度集成,它们在过程层面仍然存在相互割裂的现象。为此,提出一种基于结构预映射(Structure pre-mapping, SPM)的产品建模方法。首先对产品建模过程及 SPM 进行系统分析,明确实现 SPM 需要完成的主要任务;其次,详细阐述 SPM 的内涵,并对其进行形式化定义,以便于在 CAD 系统中描述;第三,基于前期发展的装配特征偶概念,对存在于设计者头脑中的设计意图(表现为抽象配合结构和配合行为)进行系统建模,形成实现 SPM 的基础;第四,提出基于 SPM 的产品建模原理,进而展示相应的框架,并分析框架的功能模块及其实现方法;最后,通过 HP 发动机空气过滤器头部组件的产品建模实例论证方法的可行性。该方法可在过程层面上提高产品建模的集成程度,对于现有 CAD 建模理论和技术体系的丰富和发展有一定的积极意义。

166 齿轮整体误差测量中异点接触误差及其修正

王笑一 石照耀 舒赞辉 于渤



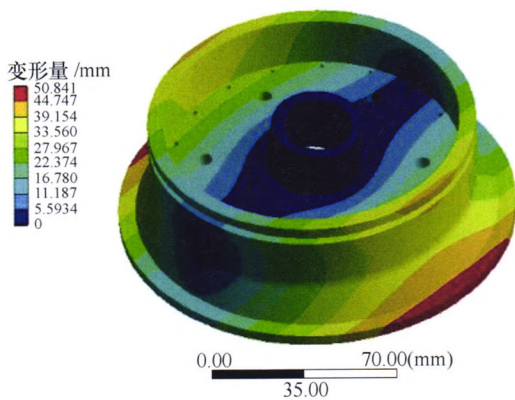
摘要: 在齿轮整体误差测量技术中,整体误差测量结果与齿轮单项误差测量仪器的结果之间存在差异的问题一直没有得到很好的解决。通过对齿轮整体误差测量中异点接触现象的分析,提出了异点接触误差的定义和计算方法,分析了异点接触误差和曲率干涉误差在本质上的不同之处,提出了基于准形态学滤波的异点接触误差修正方法,并进行了异点接触误差修正的仿真试验和实际整体误差测量结果的误差修正试验。理论分析和试验数据表明,修正后的整体误差测量结果更加接近实际被测齿廓的真实形状,应用本方法修正异点接触误差的效果显著,可提高整体误差式齿轮量仪的测量精度。



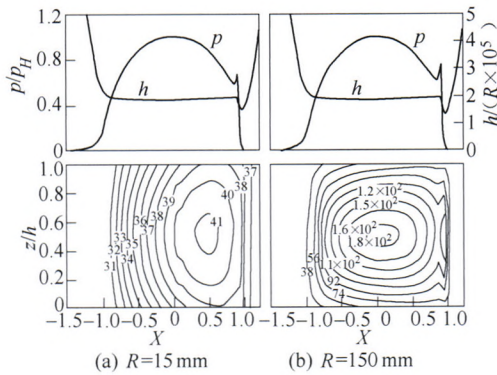
摘要: 并联机构的拓扑结构包含各支链本身的拓扑结构以及各支链相对于动/静平台布置的拓扑结构两个层面,后者对并联机构的结构、运动、动力学性能有重要影响,但研究相对较少。阐述机构结构降耦原理及其降耦设计方法,同时,提出一种基于 Pro/E-ADAMS 仿真运动曲线的机构运动解耦性判断方法,而无须求解机构的输入-输出位置方程。以两平移一转动 3-RRR、三平移 3-R/R/C 并联机构为例,不改变其支链本身的拓扑结构,仅改变其在动/静平台之间的拓扑结构,设计出相应的结构降耦构型和运动解耦构型:两平移一转动机构的耦合度从 $k=1$ 降为 $k=0$,从而极易求得位置正解析式;而原先不具有运动解耦性的三平移机构具有了部分运动解耦性,因而运动规划和控制变得容易。对一种 3-R/R/C 解耦构型的位置正解、运动解耦性、奇异位形、工作空间、灵巧度性能进行计算分析,发现其性能明显优于优化前的原始构型。研究成果为并联机构的拓扑结构优化及其性能改善,以及揭示两者之间的关系提供了一种有效方法。

187 加压内冷却砂轮的研制及磨削性能研究

彭锐涛 张珊 唐新姿 陈睿 周专

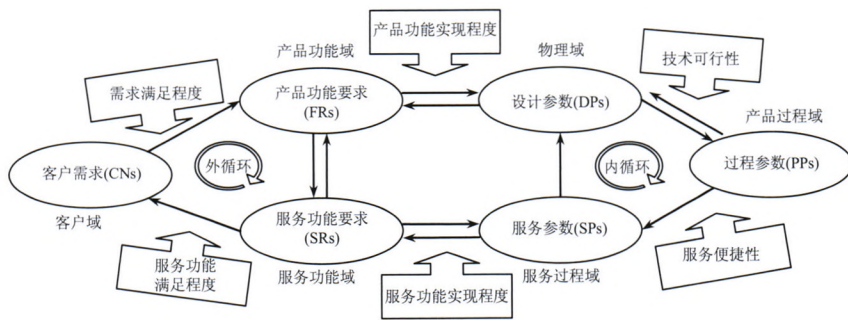


摘要: 针对高温合金材料在磨削加工过程中存在磨削烧伤问题,为避免气障效应并强化冷却液在磨削弧区的换热效果,提出采用加压式内冷却断续磨削方法。利用数值模拟方法和 3D 打印技术对砂轮基体、加压内冷却系统和密封结构等进行设计和验证,制备了用于平面磨削的加压内冷却开槽 CBN 砂轮。在相同的磨削加工参数条件下,使用加压内冷却方法与外部喷射冷却方法进行镍基高温合金磨削对比试验,分析了砂轮速度、磨削深度和工件进给速度等加工参数对磨削温度、加工表面粗糙度和表面形貌的影响规律,验证了加压内冷却断续磨削方法对磨削弧区的强化换热效果。结果表明:在相同试验参数条件下磨削镍基高温合金,加压内冷却法比外部喷射冷却法的换热效率更高,得到的磨削温度更低,表面粗糙度更小,加工表面更为光滑细腻。



摘要:使用一种新提出的用以确定 Eyring 流体有效黏度 η^* 的算法, 针对润滑油流变特性研究中一个常用假设, 即 $\dot{\gamma} = \Delta u/h$ 进行了深入探讨, 给出润滑油牛顿黏度 η 、Eyring 流体有效黏度 η^* 和剪应变率 $\dot{\gamma}$ 与重载热弹流润滑副的摩擦因数 μ 之间的关系。结果表明: 在润滑副尺度很小或类似的低温场合, 传统假设 $\dot{\gamma} = \Delta u/h$ 能够近似成立, 摩擦因数主要取决于润滑油的有效黏度。然而, 在润滑副尺度很大或类似的高温场合, $\dot{\gamma} = \Delta u/h$ 不能成立, 此时摩擦因数不但与有效黏度有关, 还取决于剪应变率的变化, 故之前关于此类问题的摩擦因数的研究是不准确的。

201 基于产品全生命周期的产品规划建模与应用



摘要:市场竞争的不断升级迫使企业将产品价值的挖掘延伸至产品的全生命周期, 这为企业带来了更多的产品创新空间和盈利机会, 但同时也带来了产品决策的难题。首先以设计域理论为基础建立了一个能够有效表明基于全生命周期系统化特征的产品规划建模框架, 以确保产品决策能够有效地融合设计人员的产品设计理念、市场人员对产品需求分析、生产人员对产品实现过程的分析以及售后服务人员对产品服务过程的分析; 接下来, 以产品进化设计为研究对象, 提出了基于全生命周期的产品规划所必须依赖的决策指标体系和有效表明其权衡取舍机制的建模方法; 最后通过在家用轿车产品上的应用, 具体表明了方法的有效性和实用价值。提出的方法明确了企业不同的参与者在产品规划过程中需要进行信息交互的具体内容, 建立了以不断完善产品信息建构体系为导向的决策机制, 是一个符合企业实际需要的系统化方法。

CONTENTS

- 1 Ultrasonic Machining in China**
ZHANG Deyuan
- 3 Research Status and Future Prospects of Rotary Ultrasonic Machining of Hard and Brittle Materials**
FENG Pingfa WANG Jianjian ZHANG Jianfu WU Zhijun
- 22 The Application Status and Development Trends of Ultrasonic Machining Technology**
FANG Shanxiang ZHAO Huiling ZHANG Qinjian
- 33 Review of Ultrasonic Vibration Assisted Drilling**
ZHANG Yuan KANG Renke LIU Jinting ZHANG Yiming ZHENG Weishuai DONG Zhigang
- 45 Characteristics of Piezoelectric Ultrasonic Transducer with Electric Load Modifying Frequency**
WANG Tiansheng WU Zhijun FENG Pingfa ZHANG Jianfu YU Dingwen
- 52 Research on the Electromechanical Conversion Efficiency for Giant Magnetostrictive Ultrasonic Machining System**
CAI Wanchong ZHANG Jianfu YU Dingwen WU Zhijun FENG Pingfa
- 59 Study on Matching Performance of Ultrasonic Vibration and Grinding Parameters Based on a Single Abrasive Grinding**
DING Kai FU Yucan SU Honghua LI Qilin LEI Weining
- 66 Study on the Thrust Force and Chip in Rotary Ultrasonic-assisted Drilling of Titanium Alloys (Ti6Al4V)**
SHAO Zhenyu LI Zhe ZHANG Deyuan JIANG Xinggang QIN Wei
- 73 Analysis of Influence on Ultrasonic-assisted Cutting Force of Nomex Honeycomb Core Material with Straight Knife**
WANG Yidan WANG Xuanping KANG Renke SUN Jiansong JIA Zhenyuan DONG Zhigang
- 83 Research on Modeling and Simulation of Surface Microtopography in Ultrasonic Vibration Spiral Grinding**
WANG Qiuyan LIANG Zhiqiang WANG Xibin ZHOU Tianfeng ZHAO Wenxiang WU Yongbo JIAO Li
- 90 Charization of Surface Microscopic of Nomex Honeycomb after Ultrasonic Assisted Cutting**
ZHANG Xun DONG Zhigang WANG Yidan XU Zengdi SONG Hongxia KANG Renke
- 100 Non-physical Sharpening of Cutting Edge Induced by the Joint-use of Ultrasonic Vibration and Cutting Fluid in Metal-cutting**
YANG Guang PI Jun LIU Zhongsheng

- 107 An Experimental Study on Rotary Ultrasonic Machining of High Volume Fraction Silicon Carbide-reinforced Aluminum Matrix Composites (SiCp/Al)**
ZHA Huiting FENG Pingfa ZHANG Jianfu
- 114 Experimental Research of Titanium Alloy Taper Hole by Ultrasonic Magnetic Abrasive Finishing**
JIAO Anyuan QUAN Hongjun CHEN Yan HAN Bing
- 120 Feasibility Study of High-speed Ultrasonic Vibration Cutting Titanium Alloy**
ZHANG Xiangyu SUI He ZHANG Deyuan JIANG Xinggang WU Ruibiao
- 128 Experimental Study on Ultrasonic Cutting of Aluminum Honeycombs**
SUN Jiansong DONG Zhigang WANG Yidan LIU Jinting QIN Yan KANG Renke
- 136 Analysis of Power Ultrasonic Honing Cavitation Test**
ZHU Xijing YE Linzheng
- 143 The Improvement of Deep-hole Boring Machining Quality Assisted with Ultrasonic Vibration**
ZHANG Xiangyu SUI He ZHANG Deyuan WU Ruibiao
- 149 Study on TIG Arc Preheating Auxiliary Aluminum-copper Ultrasonic Seam Welding**
YU Jiang WANG Bo JI Ang ZHANG Hongtao
- 154 Product Modeling Based on Structure Pre-Mapping**
XU Zhijia WANG Qinghui LI Jingrong
- 166 Different Point Contact Error and Correction Method in Gear Integrated Error Measurement**
WANG Xiaoyi SHI Zhaoyao SHU Zanhui YU Bo
- 176 Topology Structure Optimization and Performance Improvement for Parallel Mechanisms Based on Structure Coupling-reducing and Motion Decoupling**
SHEN Huiping LI Ju WANG Zhen MENG Qingmei DAI Lifang
- 187 Development and Grinding Performance of a Pressurized Internal Cooling Slotted Grinding Wheel**
PENG Ruitao ZHANG Shan TANG Xinzi CHEN Rui ZHOU Zhuan
- 195 Discussion on a Common Assumption of the Lubricant Rheology**
YANG Ping CUI Jinlei LIU Xiaoling YANG Peiran
- 201 Product Planning Decision Based on Product Life Cycles: Modeling and Application**
LI Baishu ZHANG Gang HUANG Yanfei

《机械工程学报》第十届编委会

荣誉主任

王补宣(院士) 路甬祥(院士) 潘际奎(院士)

荣誉委员

王玉明(院士) 王先逵(教授) 石治平(研高) 叶声华(院士) 宁汝新(教授) 过增元(院士)
刘飞(教授) 刘人怀(院士) 刘大响(院士) 刘友梅(院士) 关桥(院士) 杨叔子(院士)
宋玉泉(院士) 陈学俊(院士) 林尚扬(院士) 周孔亢(教授) 周尧和(院士) 柳百成(院士)
钟掘(院士) 钟秉林(教授) 闻邦椿(院士) 徐金梧(教授) 徐滨士(院士) 郭孔辉(院士)
温诗铸(院士) 谢友柏(院士) 熊有伦(院士) 潘健生(院士)

主任

钟群鹏(院士)

副主任

王文斌(编审) 王国彪(教授) 陈学东(院士) 陈超志(研高) 黄田(教授) 雒建斌(院士)
MCCARTHY J Michael(教授)

国内委员

丁汉(院士) 王雪(教授) 王田苗(教授) 王立平(教授) 王庆丰(教授) 王时龙(教授)
王树新(教授) 王祖温(教授) 王润孝(教授) 孔祥东(教授) 邓宗全(教授) 卢秉恒(院士)
史铁林(教授) 付铭旺(副教授) 仪垂杰(教授) 吕明(教授) 刘强(教授) 刘少军(教授)
刘宏民(教授) 刘献礼(教授) 刘德顺(教授) 孙汉旭(教授) 严新平(教授) 李大勇(教授)
李永堂(教授) 李圣怡(教授) 李杨民(教授) 李荣彬(教授) 李荣德(教授) 李剑峰(教授)
杨华勇(院士) 杨兆军(教授) 杨兆建(教授) 何存富(教授) 张峥(教授) 张士行(教授)
张义民(教授) 张宪民(教授) 张湘伟(教授) 陈新(教授) 陈鹰(教授) 陈昭彰(教授)
陈朝阳(教授) 邵新宇(教授) 苑世剑(教授) 苑伟政(教授) 范光照(教授) 林忠钦(院士)
周祖德(教授) 项昌乐(教授) 赵继(教授) 赵韩(教授) 赵丁选(教授) 胡正寰(院士)
钟志华(院士) 姚振强(教授) 秦大同(教授) 袁巨龙(教授) 袁寿其(教授) 耿荣生(教授)
贾振元(教授) 顾佩华(教授) 徐西鹏(教授) 高咏生(教授) 高金吉(院士) 郭万林(教授)
郭东明(院士) 黄明辉(教授) 黄洪钟(教授) 梅雪松(教授) 葛世荣(教授) 韩旭(教授)
曾攀(教授) 谢建新(院士) 雷源忠(研究员) 廖运炫(教授) 谭建荣(院士) 谭援强(教授)
翟婉明(院士) 黎明(研究员) 檀润华(教授)

国外委员

ALGIN Vladimir (白俄罗斯)	CAO Dongpu (英国)	CAVALLUCCI Denis (法国)
CECCARELLI Marco (意大利)	CHEN Ye-Hwa (美国)	CHEN Yongkang (英国)
CHEN Yubao (美国)	CHENG Harry H (美国)	CHENG Kai (英国)
CHETWIND Derek G (英国)	CHIU George (美国)	DAI Jiansheng (英国)
DEAN Trevor Anthony (英国)	DONG Zuomin (加拿大)	FATIKOW Sergej (德国)
FENG Yuntian (英国)	FLEWITT Peter E J (英国)	GAO Wei (日本)
GE Qiaode Jeffrey (美国)	GIOVANOLA Jacques (瑞士)	GOGU Grigore (法国)
GU Fengshou (英国)	GUO Yuebin (美国)	HAGIWARA Ichiro (日本)
HUANG Yong (美国)	HUANG Han (澳大利亚)	IWATSUKI Nobuyuki (日本)
JAUREGUI Juan Carlos (墨西哥)	Wallaschek Jörg (德国)	LI Dongyang (加拿大)
LI Xiaoping (新加坡)	LIM Teik Chin (美国)	MORGAN Michael (英国)
PARK Jong-Kweon (韩国)	SINAPIUS Michael (德国)	SU Chunyi (加拿大)
SU Daizhong (英国)	TIAN Guiyun (英国)	WANG Jun (澳大利亚)
XUE Deyi (加拿大)	YANG Lianxiang (美国)	YE Lin (澳大利亚)
ZHANG Bi (美国)	ZHANG Chun(Chuck) (美国)	ZHANG Hongchao (美国)
ZHANG Liangchi (澳大利亚)	ZHAO Xudong (英国)	ZHOU Libo (日本)
ZUO Mingjian (加拿大)		



ISSN 0577-6686



9 770577 668170

19