

机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

封面文章：仿生刀具研究进展综述

作者：马晶 张明鉴 刘强 刘献礼 岳彩旭 杨绍成

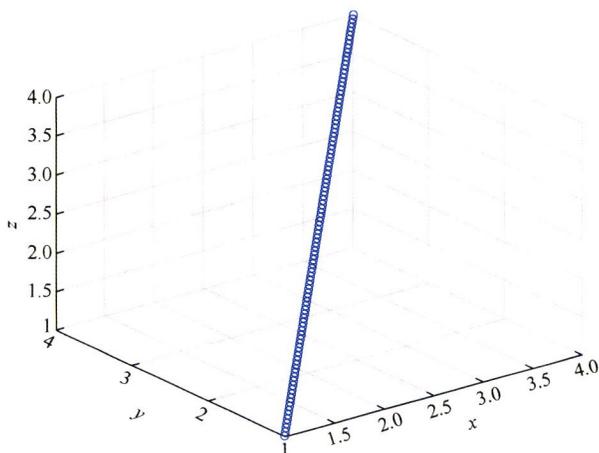


58卷 **13**期 半月刊
2022年7月刊

// 机器人及机构学 //

1 骨折复位及畸形矫正机器人的轨迹规划研究进展

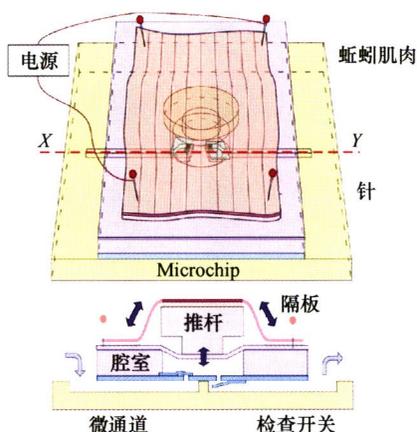
崔 睿 陈殿生 苏 鹏 李 剑 孙 昊



摘要: 骨折复位及畸形矫正机器人对于人体肢体功能的重建具有积极的意义, 其轨迹规划的质量直接影响着术后的效果和机器人的实用性, 然而目前系统的轨迹规划研究分析较少。简述了骨折复位及畸形矫正机器人国内外发展现状, 分析了断骨复位、重建轨迹规划的关键技术和共性问题, 从轨迹规划的发展历程、分类以及求解方法三个方面对骨折复位及畸形矫正机器人的轨迹规划研究进展和关键技术进行了综述, 并就目前存在的问题和未来发展趋势进行了总结分析, 以为骨折复位及畸形矫正机器人的轨迹规划提供参考和建议, 具有积极的研究意义。

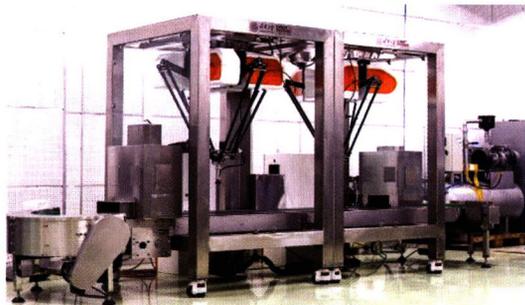
22 基于活性生物组织的肌肉驱动机器人研究进展

林泽宁 蒋 涛 罗自荣 白向娟 尚建忠



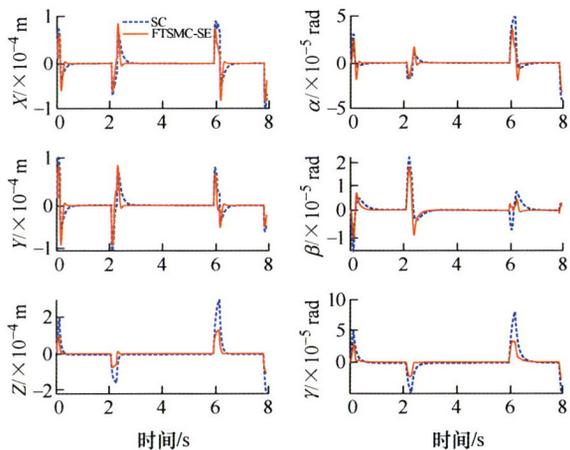
(d) TANAKA等开发蚯蚓肌肉驱动的新型微泵

摘要: 基于活性生物组织的肌肉驱动机器人由活细胞与传统机电系统深度融合, 在毫米尺度下相比于传统的刚性驱动机器人及新兴的非生物柔性材料驱动具备微尺度、功率密度高、生物相容性等优点。因此, 它们可在生物医学、战场侦察等领域发挥重大作用, 引起了科学家们的广泛兴趣。为使更多研究人员了解肌肉驱动机器人的研究进展、潜在的应用、面临的挑战及解决措施, 将对其进行总结讨论。首先, 对活细胞来源的肌肉组织结构及驱动机理进行叙述。以此为基础, 对由活细胞与非生物柔性材料所构成的人工生物肌肉驱动机器人及由活体直接得到的真实生物肌肉驱动机器人两种设计思路进行归纳, 并对肌肉驱动机器人的不同控制策略及其优缺点进行系统总结。最后, 对其潜在应用及所面临的主要挑战进行讨论与总结, 并提出相应的可能解决方案, 可为后续肌肉驱动机器人的发展与性能提升提供指导。



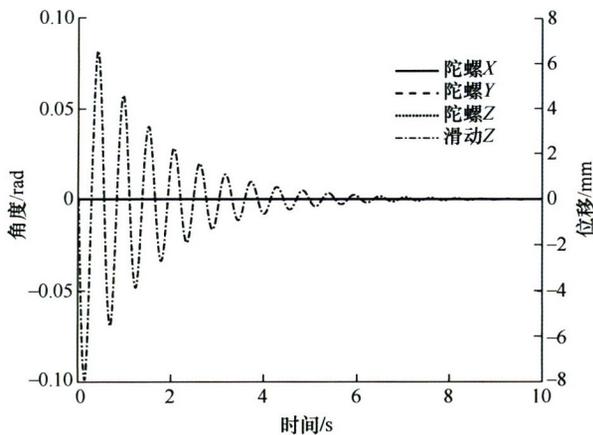
摘要: 高速并联机器人因其通用性和适用性,有望成为电子、食品和医药等行业中保障质量、提高效率和降低成本的核心装备,具有重要的学术研究和工程应用价值。围绕高速并联机器人的双动平台优势特征,提出平台间耦合策略,建立基于平台间耦合策略的线几何图谱化高速并联机器人构型综合方法,实现双动平台型高速并联机器人构型创新设计;针对优势机器人构型,采用双动平台型并联机器人运动和力传递特性指标体系,优化设计出一组高性能高速并联机器人尺度参数;开展样机研发、实验研究与应用验证,结果表明:TH-SR4 并联机器人具备高速高加速品质,在高速分拣与操作领域具有应用前景。

50 6 自由度绳索牵引并联机器人的快速终端滑模同步控制

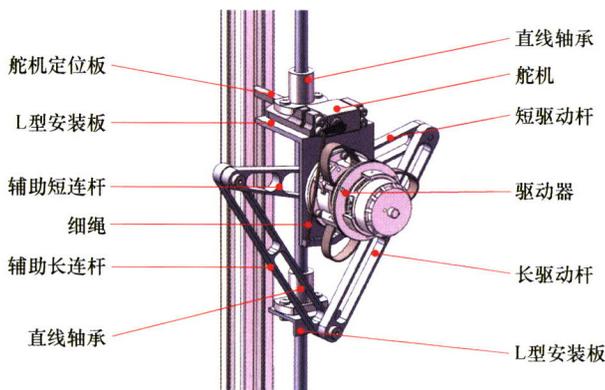


摘要: 由于绳索牵引方式的特殊性,绳索牵引并联机器人的控制一直面临着绳索张力为正的约束和模型不确定性的挑战。针对这些问题,将绳索之间的同步协调运动与快速终端滑模技术相结合,设计了一种全新的快速终端滑模同步控制策略。一方面,通过协调相邻绳索的运动有效地抑制了绳索的松弛,保证绳索张力为正;另一方面,借助快速终端滑模的有限时间收敛特性,加快误差收敛,从而提高了系统的轨迹跟踪精度。在八根绳索牵引的6自由度并联机器人平台上,完成了空间三角形轨迹的跟踪控制仿真与试验。与增广 PD 控制策略和同步控制策略的对比结果表明,所提控制策略可以有效实现所有绳索的同步协调运动、以更快的速度让误差收敛,最终在轨迹跟踪任务中表现出更好的控制性能。

59 一种空间软对接仿生手腕设计与仿真

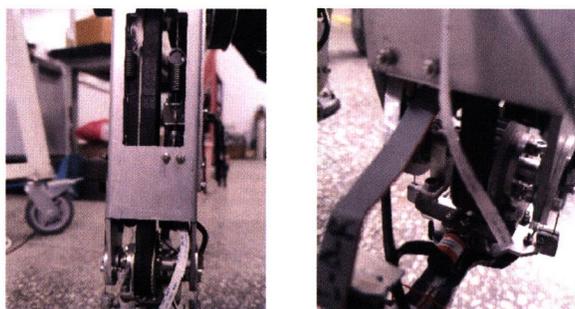


摘要: 空间对接装置作为开展空间目标捕获的关键装备,不仅要解决航天器的捕获问题,还要能够缓冲碰撞能量,避免发生硬碰撞,减少对接的冲击等。针对空间捕获软对接问题,设计一种空间软对接仿生手腕,以陀螺机构的三维旋转模拟仿生手腕运动,通过可控阻尼吸振实现空间六维碰撞的缓冲和卸载;采用 Kane 方法建立一种星载抓捕机构耦合空间软对接仿生手腕的一体化动力学方程;在 Matlab 环境下进行碰撞数值仿真,验证了空间软对接仿生手腕缓冲和卸载空间六维碰撞的机理,并通过 1000 次数值仿真实验实现了扭簧/直线弹簧的刚度优化设计;最后,在 ADAMS 环境下对星载抓捕机构进行空间六维碰撞仿真,仿真结果表明所提出的空间对接仿生手腕可实现空间六维空间碰撞的缓冲与卸载,从而说明了空间软对接仿生手腕在空间软捕获中应用的有效性。



摘要: 以生物肌肉肌腱为灵感, 基于变胞机构思想设计了一种多构态仿生弹性驱动器, 其中驱动元件和弹性元件通过变构态行星差速齿轮机构实现高效耦合。根据机器人关节不同运动相差异化功率需求, 控制弹性驱动器构态的切换, 实现输出功率调制和能量调节, 从而提高机器人系统的运动性能和能量效率。在此基础上, 设计了基于多构态仿生弹性驱动的单足跳跃机器人并验证不同驱动模式情况下的跳跃性能。实验结果表明, 与传统齿轮减速驱动器相比, 多构态仿生弹性驱动器有效提高瞬时输出功率, 使单足跳跃机器人跳跃高度提高了 6.8%。跳跃机器人落地过程中弹性元件压缩吸收动能, 减小碰撞冲击的同时提高了能量利用率, 证明了多构态仿生弹性驱动器在输入能量耦合和在动态输出功率调制方面的可行性。

81 机器人柔性踝横滚的快慢变切换控制方法

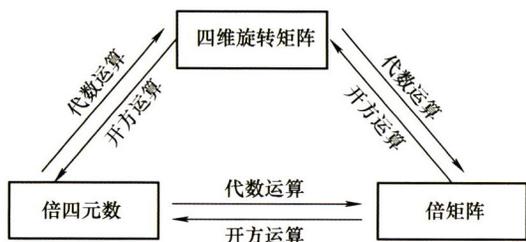


(a) 横滚后视图

(b) 末端编码器

摘要: 机器人足踝处采取柔性设计可以降低在步行过程中受到地面的着地冲击力的影响, 但柔性环节不仅升高了控制系统的阶数, 且易引起系统内部振荡, 稳定时间增长, 不满足控制过程中快速性和稳定性的要求。针对弹簧-套索传动的机器人柔性踝关节, 采用奇异摄动理论对其进行降阶简化处理, 根据末端角度误差分别采用快、慢变控制器进行切换控制。其中, 慢变控制器采用基于比例切换的滑模控制器, 使末端快速稳定地到达期望位置, 快变控制器采用状态反馈控制器, 使得弹簧形变量迅速收敛至零。最后, 通过 Simulink 仿真和样机实验将切换控制与单一采用 PID 控制或者滑模控制进行对比, 实验结果表明, 虽然三种控制器均满足快速性的要求, 但只有切换控制可以保证多步位置控制时末端的稳定性, 达到完整的控制目标要求。

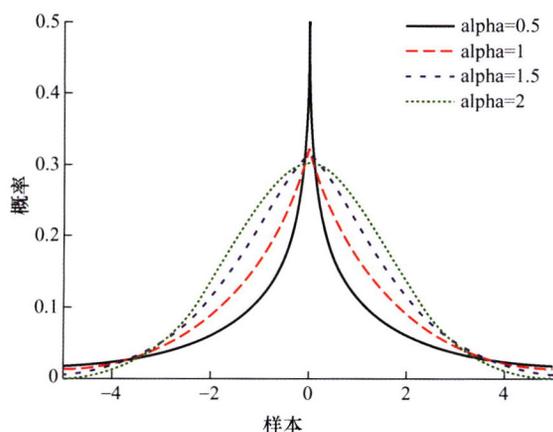
89 空间刚体变换的倍矩阵描述方法



摘要: 空间刚体变换的描述方法是机器人机构运动学分析的一个重要内容, 描述方法对机构性能分析起着重要作用, 不同的描述方法会导致机构运动学建模和求解的难易不同。基于对偶矩阵理论, 类比倍四元数与对偶四元数的映射关系, 提出并推导了空间刚体位移和变换的倍矩阵描述新方法。该方法对空间线变换进行描述, 可以描述空间刚体的全位姿变换。详细推导并证明了四维旋转矩阵、倍四元数和倍矩阵这三种空间刚体变换的近似描述方法之间的相互转换关系。这三种描述方法将三维空间刚体的平移转换为 4 维空间的旋转, 进而实现了刚体平移和旋转量纲的统一, 为其比较大小提供了一种尺度。

101 主动冲击噪声控制自适应算法综述及综合性能分析

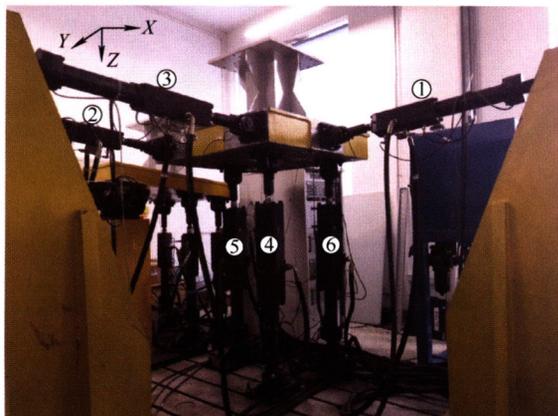
卢焯华 孙孟雷 刘志恩 陈 弯 李晓龙



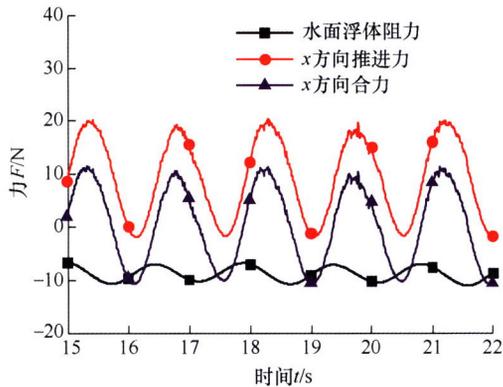
摘要: 冲击噪声的存在导致采用基于最小均方误差准则自适应算法的主动噪声控制(ANC)系统性能严重退化。为了维持ANC系统的稳定性, 诸多应对冲击噪声干扰的鲁棒自适应算法被提出。总结现有抗冲击噪声干扰自适应算法, 按照其所依据的准则将其分为四类, 分别是: 分数低阶矩算法、非线性变换算法、信息论学习算法以及其他算法。回顾各类算法的发展历程, 总结每种类型算法的理论背景, 并通过仿真分析十二种典型自适应算法在主动控制不同强度冲击噪声时的收敛速度、稳态误差、稳定性, 以及在实际应用中面临的问题。

119 考虑伺服阀零偏补偿的电液振动台随机振动模型参考滑模控制策略

范大莽 关广丰 熊 伟 王海涛

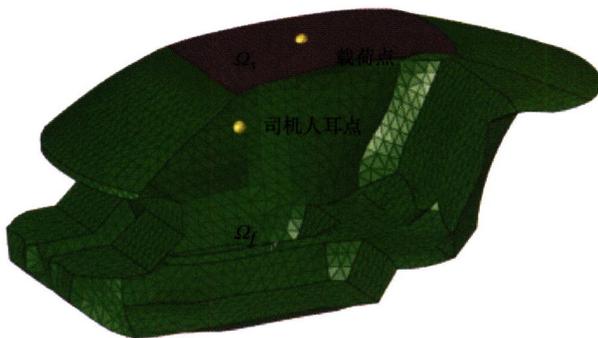


摘要: 电液振动台随机振动控制方法是大型结构振动环境模拟的关键技术。基于线性模型设计的经典三状态控制策略难以补偿非匹配干扰力对随机振动系统控制精度的影响。滑模控制方法能够在一定程度上抑制干扰力的影响, 但现有控制器设计过程中忽略了伺服阀的零偏, 难以应用于加速度随机振动控制系统中。针对上述问题, 建立单轴电液振动台非线性状态空间模型, 基于反步法和 Lyapunov 第二法, 分别设计针对非匹配干扰力和伺服阀零偏的控制律, 利用参考模型生成期望信号及其各阶导数, 构建模型参考滑模控制器, 实现干扰力抑制和伺服阀零偏补偿。将模型参考滑模控制器与三状态反馈控制器相结合, 实现振动台系统的加速度随机振动控制。位置阶跃响应及加速度随机振动仿真分析和实验研究表明, 模型参考滑模控制器能够明显改善电液振动台的瞬态性能指标, 提高加速度随机波参考信号的跟踪精度。

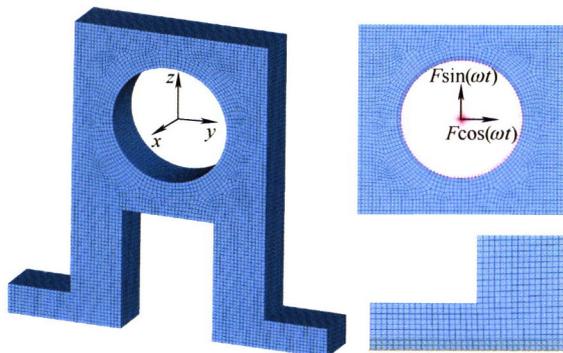


摘要: 波浪驱动航行器在海洋观测等领域发挥着重要的作用,波浪能驱动的水下推进机构是它们前进的核心部件,研究其在流场中的流体与刚体相互耦合作用,对于提高波浪驱动航行器的推进性能具有重要意义。基于刚体动力学方程与计算流体力学软件之间的交互耦合,分别建立了基于全域与局域模式下的波浪推进装置的流体-刚体耦合动力学模型,对两种模式下的计算结果进行了对比与分析。首先在全域模式下进行耦合动力学分析,在水下推进机构翼片行进和垂荡的整个区域建立流体网格,将其得到的水动力代入刚体运动方程得到其运动参数,然后将运动参数代入水动力模型中进行反复迭代。考虑到全域模式下所需流体区域范围大、计算量大的不足,因此在局域模式下,根据相对运动原理将翼片水平前进速度实时转化为作用于翼片上的反向来流,建立了基于局域模式的翼片流体-刚体耦合模型,实现在相对固定的区域进行有限元分析。避免了大范围区域建立有限元网格,计算效率大大提高。两种模式下的计算结果吻合,为波浪能直接驱动的推进机构的推进性能的分析 and 研究提供了有效的方法。

137 基于新型声固耦合方法的汽车振动噪声响应分析

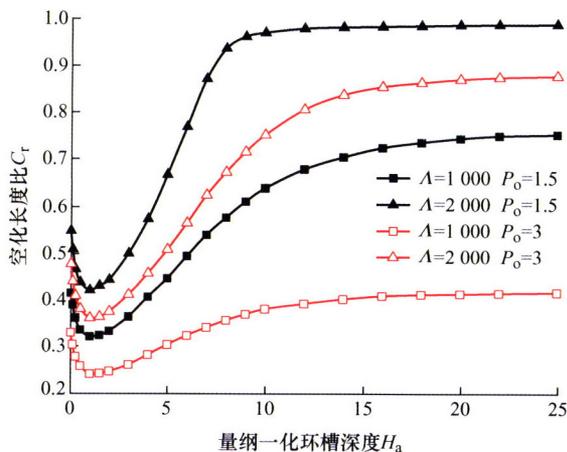


摘要: 针对传统基于有限元的声固耦合分析方法由于色散误差过大仅适用于低频分析的问题,耦合声学梯度加权有限元法(Gradient-weighted finite element method, GW-FEM)和基于虚拟中心点的离散剪切间隙板壳单元(Central point-based discrete shear gap method, CPDSG),发展了一种精确、高效的新型声固耦合分析方法 GW/CPDSG。基于梯度加权有限元法对声压梯度进行加权重构,采用基于虚拟中心点的离散剪切间隙板壳单元重构板壳单元的剪切应变场,并通过耦合界面处声场和结构场的相容性和平衡条件最终建立系统的耦合方程。将所建立的耦合模型应用于汽车乘员舱声固耦合系统频率响应的分析,数值结果表明, GW/CPDSG 方法对中低频声固耦合问题的预测精度显著高于有限元/有限元耦合方法,尤其是对复杂系统声固耦合响应的预测更是表现出了良好的适应性和可靠性,可有效提升可分析频率的上限,降低大规模问题的计算成本,在实际工程问题中具有广阔的应用前景。

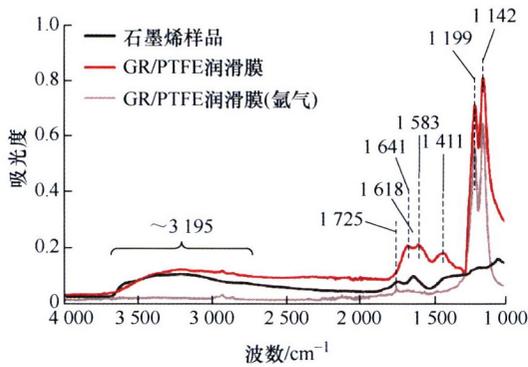


摘要: 滚动轴承广泛应用在转子系统中, 其动态特性是决定转子系统动力学特性的关键因素之一。首先搭建了单盘两支点转子-轴承系统试验台, 并对轴承热平衡过程中以及不同润滑油温度作用下转子系统不平衡振动特性进行了试验研究。其次, 提出了一种基于转子振动响应的轴承刚度与游隙的辨识方法, 获得了轴承在热平衡过程中以及不同润滑油温度作用下的刚度与游隙。最后, 基于 Lagrange 法建立了转子-轴承系统动力学模型, 将轴承刚度与游隙的辨识结果作为输入条件带入模型, 分析了转速、不平衡量和润滑油温度对转子系统振动响应的影响以及轴承热平衡过程中系统的振动特性。研究成果为热效应下轴承性能参数识别以及转子系统的振动特性分析提供技术支持。

// 摩擦学 //

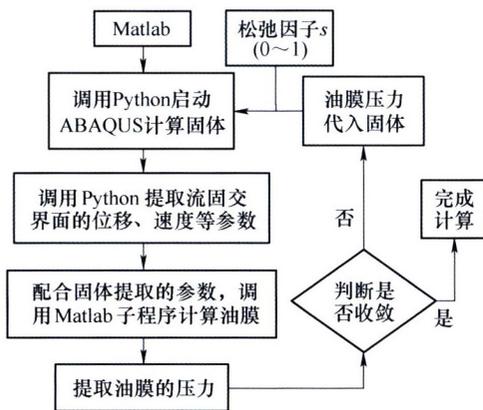


摘要: 为提升瑞利台阶型机械密封的泄漏控制能力和丰富其零/负泄漏设计方法, 通过建立有限元数值模型, 对比研究了端面环形槽的空化诱导机理及诱导空化区对密封性能的影响规律与水平。结果表明环形槽在较大槽深下仅存在流体静压效应且静压力较低, 可极大改变端面流体膜压分布, 限制并分离正向瑞利台阶处液膜高压区从而在反向瑞利台阶区域诱导生成空化效应, 其量纲一化深度超过 20 后限制分离作用水平趋于稳定。环形槽诱导作用最大使空化区长度增加 82%从而有效提升密封空化抽吸水平, 扩大负泄漏工况区域。反向瑞利台阶主槽深度显著影响环形槽诱导作用, 其优选范围为 8~15, 该范围内空化长度比与反向抽吸率的相对改变量均小于 2%, 这使密封在一定端面磨损量下仍具有良好的泄漏控制能力。

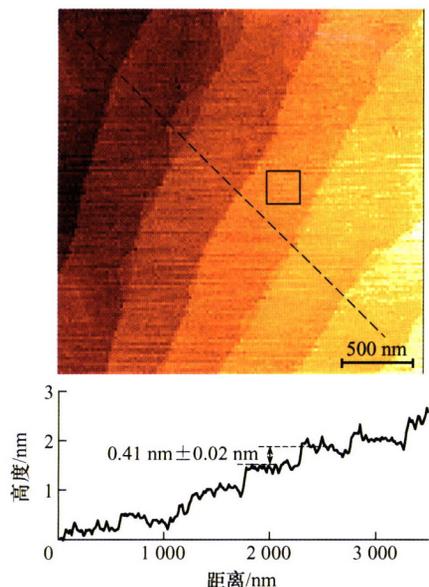


摘要: 为研究超耐磨石墨烯/聚四氟乙烯复合材料的抗磨机制, 采用大气环境/干燥氩气摩擦试验、纳米压痕测试、黏附力测试方法研究表面力学性能对复合材料磨损行为的影响, 通过分子动力学模拟研究摩擦界面中的分子相互作用和复合材料磨损行为的关联。实验结果显示, 在大气环境中, 石墨烯填料的使用降低了聚四氟乙烯 99.8% 的磨损; 而在干燥氩气中, 复合材料的磨损率比大气环境中提高了约一个数量级。纳米压痕测试结果显示复合材料在大气环境下磨损后的表面硬度、弹性模量和黏附力比干燥氩气环境下的磨损表面分别高 43.4%、47.4% 和 68.5%。水滴接触角和红外光谱测量结果显示大气环境磨损后的复合材料表面相比原始表面具有更强的极性相互作用。分子动力学模拟显示, 强的极性相互作用提升了复合材料的力学性能和固体润滑膜的吸附性, 它们共同作用降低复合材料磨损。研究结果揭示出两级减磨机制对石墨烯/聚四氟乙烯复合材料的低磨损行为的重要性, 这对设计新型固体自润滑界面具有指导作用。

185 嵌入弹性波纹环的轴承挤压油膜特性分析



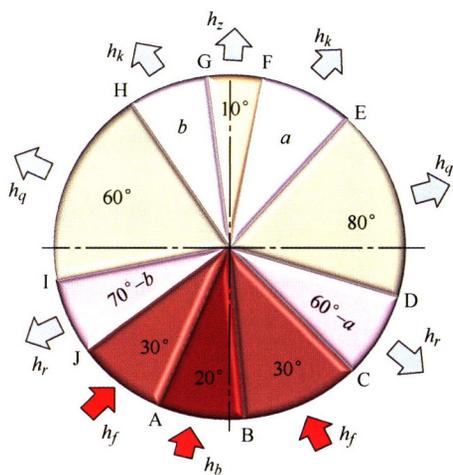
摘要: 设计了一种弹性波纹环轴承挤压油膜阻尼器, 建立了弹性波纹环挤压油膜阻尼器的流固耦合分析模型, 基于 ABAQUS 软件分析弹性波纹环的压缩力学性质, 利用 MATLAB 编程分析弹性波纹环间隙的挤压油膜流动阻尼特性, 通过 Python 脚本进行数据交换实现了阻尼器的流固耦合动力学分析。研究了轴承冲击挤压速度、挤压位移、弹性环厚度、波纹周期数和波纹幅值对阻尼器动力特性系数的影响。结果表明, 挤压速度对阻尼器压缩刚度和阻尼特性影响较小, 挤压位移和波纹幅值对油膜阻尼有着显著影响, 弹性波纹环厚度对挤压刚度影响明显, 波纹周期对挤压刚度和阻尼特性影响显著。



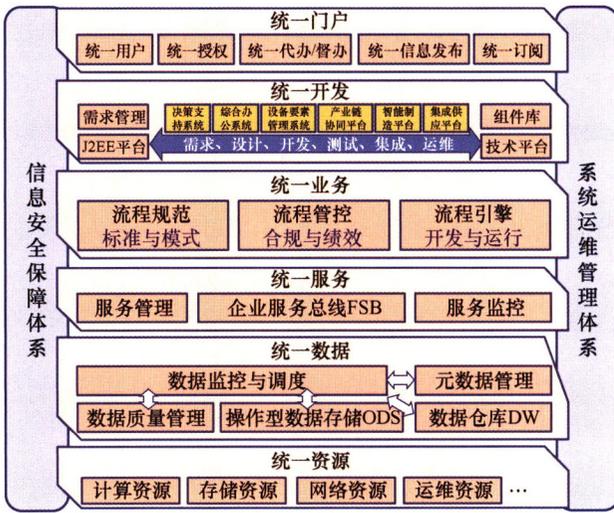
摘要: 受限于样品表面平整度因素, 金属玻璃在原子尺度上的摩擦磨损研究还相当缺乏。本文采用原子力显微镜, 基于原子级平整的 Pt 基金属玻璃, 研究了法向载荷和循环次数对金属玻璃在原子尺度下摩擦磨损行为的影响。研究表明: 通过 Bowden 摩擦二项式模型拟合试验数据发现, 金属玻璃与针尖对摩时的摩擦因数随载荷的增加呈先减小后增大的趋势, 这是因为在低载时, 金属玻璃与针尖之间的摩擦以界面摩擦为主, 界面摩擦因数与法向载荷呈负指数幂关系, 摩擦因数随载荷增加而减小, 而在高载时, 摩擦机制以犁沟摩擦为主, 摩擦过程中的能量耗散主要来源于塑性变形, 摩擦因数随变形程度的增加而增大; 此外, 随循环次数的增加, 摩擦因数呈单调减小趋势, 且载荷对摩擦因数的依赖性随之减弱, 这是因为金属玻璃在原子尺度的变形产生了加工硬化作用, 阻碍金属玻璃的持续变形, 使犁沟摩擦占比逐渐降低。

/// 数字化设计与制造 ///

203 考虑多辊修磨关系的轧辊主动再制造设计方法

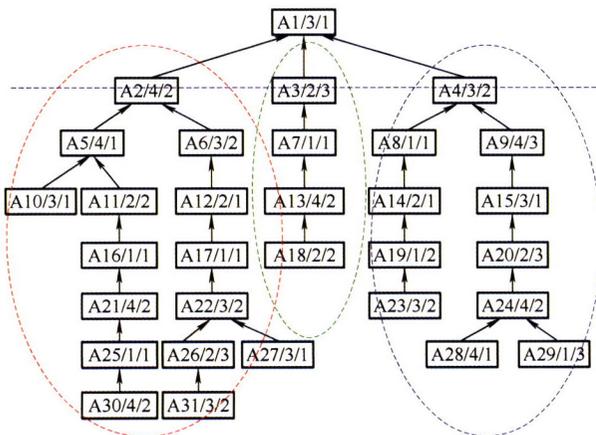


摘要: 对轧辊主动再制造时机的研究是解决其再制造不确定性问题的有效途径。针对轧钢生产线上各轧辊间面向主动再制造的修磨时机差异性较大、应用时需频繁停机等问题, 提出了一种耦合损伤情况下考虑多辊间修磨关系的轧辊主动再制造设计方法。该方法通过工艺参数优化对各轧辊修磨时机进行调控和匹配, 以达到在轧机线修磨时机点统一修磨的目的, 解决了修磨和再制造时间不确定、频繁停机等问题。以某轧钢生产线的 F5 精轧机工作辊为对象, 结合其工况及损伤特征, 利用损伤理论、有限元仿真分析以及回归分析等方法, 验证了所提主动再制造设计方法的可行性。

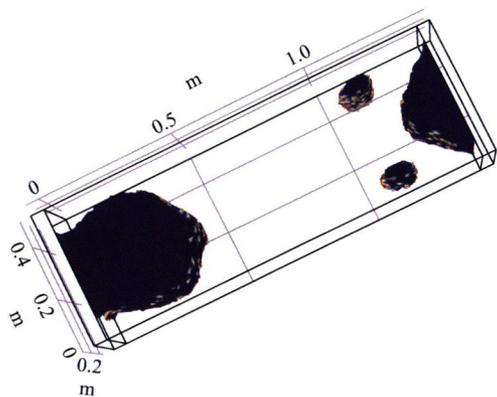


摘要: 在总结核电装备高安全、长役期和巨系统特征的基础上, 分析了核电装备价值链与产业链的区别, 提出核电装备全生命周期价值链具有多核多阶段特征, 每个阶段的价值链协同参与主体都可分为领军型企业、跟随型企业和参与型企业, 总结了现有核电装备价值链的不足。设计了一种面向核电装备的全生命周期价值链协同体系架构, 从正逆协同、时空协同和虚实协同三个方面构建了满足核电装备横向贯通和纵向联动要求的价值链协同模式, 分别解决核电装备质量控制可溯性、数据表征可信性和对象管理可控性问题。阐述了核电装备全生命周期价值链研究与应用融合发展、互相影响的运行机制, 并总结了运行过程中涉及到的各类关键技术与软件构件。搭建了协同管控平台并在核电装备领域开展了初步应用, 为小批量多品种复杂产品的价值链协同提供了参考。

228 工艺树子树循环分解的资源协同综合调度算法



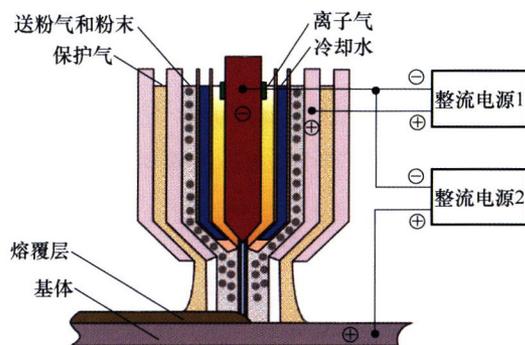
摘要: 针对多品种、小批量复杂产品综合调度中, 因忽略工艺树整体约束关系而产生较多设备空隙、影响设备利用率的问题, 提出了工艺树子树循环分解的资源协同综合调度算法。算法首先设计了子树循环分解策略, 建立了以工序串为单位的调度单元; 其次设计了工序调整策略, 有效解决了工序串在解重组时的冲突问题; 最后设计了工序约束关系审核策略, 严格保证了调度过程中工序的约束关系。实验结果表明, 提出的算法相对于考虑串行工序紧密度的择时算法、基于工序集的动态关键路径多产品制造调度算法和可回退抢占的设备驱动综合调度算法, 设备利用率分别提高了 9.7%、6.3%和 6.3%。



摘要: 针对增材制造加工拓扑优化结构存在的内部空腔难以加工和支撑材料无法去除的问题, 提出一种基于各向异性亥姆霍兹方程的拓扑优化方法, 能够简单有效地实现考虑空腔连通性约束的结构拓扑优化。首先, 根据封闭空腔结构特点, 定义了结构连续性作为结构连通性的等效描述, 便于在拓扑优化框架内添加连通性约束; 然后, 采用各向异性亥姆霍兹方程, 通过设置各向异性参数保证实体结构在特定方向上的连续性, 构建了包含空腔连通性限制的拓扑优化模型; 最后, 采用 MMA 算法求解拓扑优化模型, 实现了考虑空腔连通性约束的结构拓扑优化。多个优化算例结果表明, 相比于传统方法, 该方法能够在不添加新的约束条件和中间变量的基础上, 即可抑制拓扑优化设计中封闭空腔结构的产生, 构成面向增材制造的拓扑优化结构。同时, 该方法很容易拓展到考虑传统制造约束的拓扑优化模型中, 避免设计中出现封闭空腔结构。

251 外加磁场对等离子熔覆 FeCoNiCr_{0.5}B 高熵合金涂层组织与性能的影响

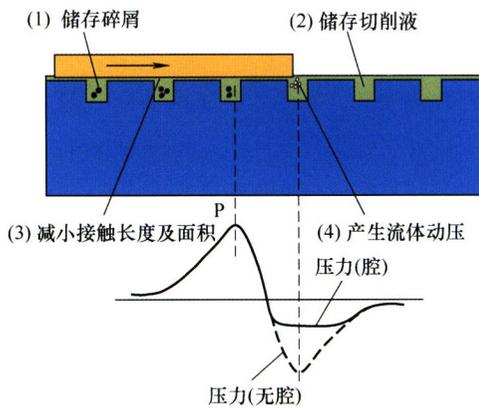
李思念 黄海鸿 赵伦武 刘志峰



摘要: 为改善 FeCoNiCr 系高熵合金熔覆层的力学性能, 采用磁场辅助等离子熔覆技术, 在 20 钢表面制备 FeCoNiCr_{0.5}B 高熵合金涂层。通过扫描电子显微镜、金相显微镜、X 射线衍射仪等仪器分析外加磁场对高熵合金涂层微观组织和物相结构的影响, 利用维氏硬度计、摩擦磨损试验机测试涂层的显微硬度分布及耐磨性。结果表明: FeCoNiCr_{0.5}B 高熵合金涂层组织均由面心立方(FCC)相和 M₃B 相组成, 外加磁场作用不会改变物相种类。在磁场辅助作用下, 涂层平均晶粒尺寸由 18.64 μm 减小至 15.93 μm, 熔覆层力学性能得到明显改善。当磁场强度为 45 mT 时, 涂层平均显微硬度达 708.84 HV, 相比无磁场辅助涂层平均硬度提升 19.5%; 同时, 涂层的磨损质量达到最小, 为无磁场辅助涂层失重的 40.8%, 平均摩擦系数由 0.64 减小至 0.42, 且涂层的主要磨损形式由黏着磨损转变为磨粒磨损。研究结果既进一步完善了外加磁场辅助等离子熔覆制备高熵合金涂层的相关理论, 又为 FeCoNiCr_{0.5}B 高熵合金性能提升提供了可行方案。

261 仿生刀具研究进展综述

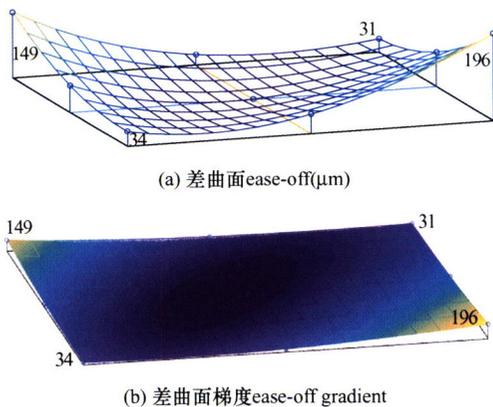
马晶 张明鉴 刘强 刘献礼 岳彩旭 杨绍成



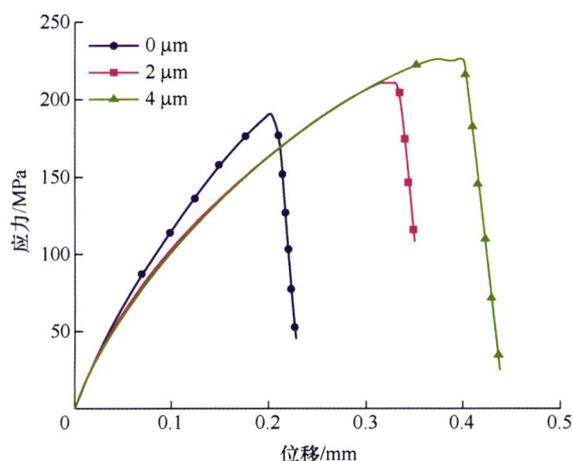
摘要: 伴随制造业的转型升级及产业革命的到来, 零件结构越来越复杂, 材料种类繁多, 对刀具切削性能的需求日益呈现多元化趋势, 刀具的设计与开发面临诸多挑战。学者们通过研究自然界的切削、减磨耐磨和增强增韧现象发现生物体的牙齿、爪趾、体表、器官等具有独特的外部形态及组织结构, 通过模仿生物体的结构特征进行刀具的设计与开发已成为新的研究方向。分别从外部形态仿生刀具、表面形貌仿生刀具、内部组织仿生刀具对仿生刀具的最新研究进展进行梳理, 讨论了三种刀具的设计制备方法和主要特点, 对仿生刀具的切削机理进行分类与剖析, 对仿生刀具所涉及的关键技术进行总结与展望, 为仿生刀具研究提供基础材料。仿生刀具作为新兴的研究方向其基础理论尚不完善, 需进行深入的理论研究, 建立完整的理论体系。同时, 仿生刀具涉及生物、材料、机械等多学科的交叉研究, 需要开展不同领域间的协同合作。

282 曲面综合高减比准双曲面齿轮加工参数计算与接触仿真

李聚波 王永强 魏冰阳 杨建军

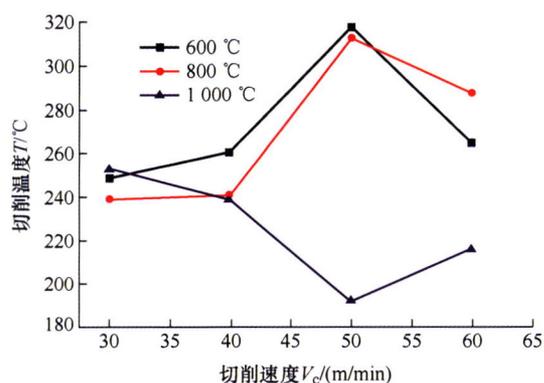


摘要: 高减比准双曲面齿轮(High reduction hypoid gear, HRH)间曲面复杂, 常规加工计算方法难以实现对其齿面啮合质量的控制。建立空间齿轮啮合传动坐标系, 给出空间啮合方程的通用形式。推导修形刀盘的曲面方程, 提出刀盘齿廓修形方法, 解决了 HRH 齿轮的齿面曲率修正问题。利用密切曲面原理, 综合产形曲面、小轮曲面、修形梯度 ease-off 差曲面, 建立 HRH 齿轮加工参数计算与啮合仿真模型, 给出 ease-off 差曲面的几何参数控制方法、HRH 齿轮加工计算与啮合仿真计算流程, 实现了对齿面微分结构与啮合质量的控制。通过接触斑点、动态性能试验检验了齿面啮合质量。解决了复杂 HRH 齿面微分结构修正与啮合质量控制的难题。

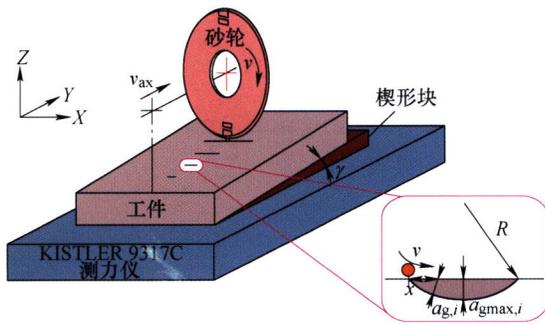


摘要: 针对 C/SiC 复合材料零件机加工后疲劳强度大幅降低问题, 提出基于旋转超声铣削的抗疲劳加工方法。基于剪切滞后理论构建了超声振幅与 C/SiC 复合材料界面结合强度的理论模型, 阐明了超声振动对界面结合强度的弱化机理。通过静拉伸试验、残余应力检测、疲劳试验和断口观测验证了旋转超声铣削疲劳强化效应。实验结果表明, 高频冲击作用使得 C/SiC 抗拉强度和表面残余压应力显著提高, 纤维基体脱黏应力与界面结合强度有效降低, 纤维增韧效应显著, 抗拉强度和疲劳强度相较传统铣削分别提升了 17.5% 和 9.4%。

298 去应力退火工艺对锻造 TA7 钛合金切削性能的影响



摘要: TA7 钛合金(Ti-5Al-2.5Sn)在退火状态下具有良好的室温和高温断裂韧性, 而锻造 TA7 钛合金必需经过去应力退火, 才能进行切削加工, 去应力退火成为锻造工序与切削加工工序间的中间环节, 通过微观结构的变化能够调控力学性能和切削加工性能。在 600 °C、800 °C、1000 °C 下对锻造 TA7 钛合金进行去应力退火, 获得了三种不同的微观组织。800 °C 试样的细小次生 α 相和等轴初生 α 相降低了切削温度、切削力, 加剧了切屑的锯齿状结构的形成; 1000 °C 试样的片状 β 相和粗大 α 相降低了切削温度, 增大了切削力, 恶化了切屑的锯齿状结构, 但降低了切屑的凸起角和剪切应变。



摘要:当前碳化硅陶瓷类硬脆材料磨削损伤形成机理研究主要是基于经典压痕断裂力学基础理论,然而对于具有复杂显微结构的陶瓷材料,磨削亚表面裂纹损伤形式和萌生扩展机理未必遵循经典压痕断裂力学理论。有鉴于此,重点从陶瓷材料显微结构层面开展碳化硅陶瓷磨削损伤形成机理研究,采用单颗金刚石磨粒轴向进给磨削试验方法,借助聚焦离子束、透射电镜等设备,分析碳化硅陶瓷磨削损伤特点,发现穿晶裂纹具有显著择优取向性,晶界对裂纹萌生具有显著诱导作用、对裂纹扩展具有显著阻碍作用;提出了SiC陶瓷磨削亚表面晶界裂纹系统,揭示了位错在晶界处塞积是晶界裂纹系统产生的机理;随磨削进行,SiC陶瓷磨削亚表面晶界裂纹系统分别经历位错激发、位错运动至晶界处堆积、晶界处微裂纹萌生、晶界处微裂纹扩展汇合形成宏观沿晶裂纹和穿晶裂纹、裂纹扩展至磨削表面形成破碎凹坑五个跨尺度演化过程;基于位错塞积理论建立了晶界裂纹系统一般性的断裂力学模型,解析裂纹萌生与扩展临界条件;建立了晶粒尺度单颗金刚石磨削多晶SiC陶瓷有限元仿真模型,验证了SiC陶瓷磨削亚表面晶界裂纹系统模型的准确性。

CONTENTS

- 1 Research Progress on Trajectory Planning of Fracture Reduction and Deformity Correction Robot**
CUI Rui CHEN Diansheng SU Peng LI Jian SUN Hao
- 22 Research Progress of Muscle-driven Robots Based on Living Tissues**
LIN Zening JIANG Tao LUO Zirong BAI Xiangjuan SHANG Jianzhong
- 36 Type Synthesis and Dimensional Optimization of a High-speed and High-acceleration Parallel Robot**
MENG Qizhi XIE Fugui ZHANG Sai LIU Xinjun
- 50 Fast Terminal Sliding Mode Control with Synchronization Error for a 6-DOF Cable-driven Parallel Robot**
DENG Binbin SHANG Weiwei ZHANG Bin CONG Shuang
- 59 Design and Simulation of Spatially Soft-docking Bionic Wrist**
XU Sheng CHU Ming SUN Hanxu
- 71 Structure Design and Performance Research of Multi-configuration Bionic Elastic Actuator**
WEI Dunwen GAO Tao ZHANG Xiangyu GE Wenjie PENG Bei
- 81 Fast-slow Switching Control Method for Flexible Ankle Roll of Robot**
DOU Kunhong PAN Sheng LUO Xiang
- 89 Double Matrix Representation Method for the Spatial Rigid Body Transformation**
ZHANG Ying HUANG Qineng LIAO Qizheng WEI Shimin
- 101 Review and Performance Analysis of Adaptive Algorithms for Active Impulsive Noise Control**
LU Chihua SUN Menglei LIU Zhien CHEN Wan LI Xiaolong
- 119 Random Vibration Model Reference Sliding Mode Control of Electro-hydraulic Shaking Table with Valve Null Bias Compensation**
FAN Damang GUAN Guangfeng XIONG Wei WANG Haitao

- 129 Dynamic Analysis of Wave-powered Propulsion Mechanism Based on Global-domain and Local-domain Modes**
FENG Zhanxia CHANG Zongyu DENG Chao ZHANG Jiakun ZHAO Lin ZHENG Zhongqiang
YU Zhenjiang
- 137 Vibro-Acoustic Response Analysis of Vehicles Based on a Novel Acoustic-Structural Coupling Method**
CUI Xiangyang HE Yufeng HU Xin
- 147 Thermal-induced Bearing Stiffness and Clearance Variation Characteristics and its Effect on Vibration Response of Rotor System**
HAO Xu YU Changxin LIU Jun HAN Qingkai ZHAI Jingyu
- 166 Analysis of Cavitation Induction Mechanism of Annular Groove at Sealing Face in Mechanical Seals with Rayleigh Steps**
MA Xuezhong MENG Xiangkai
- 175 Two-level Wear Reduction Mechanism and Molecular Dynamics Simulation for GR/PTFE Composites**
SUN Wei SONG Qingrui LIU Kun LIU Xiaojun YE Jiabin
- 185 Squeeze Oil Film Characteristic Analysis of Bearing with Elastic Waved Ring**
WU Hongkai WU Chengwei
- 194 Friction and Wear Behavior of Pt-based Metallic Glass at Atomic-Scale**
JIANG Jiexiao LAI Jianping YU Jiabin HU Hailong WANG Wei LI Dingjun
- 203 Predecisional Remanufacturing Design Method of Rolls Considering Multi-roll Repair and Grinding Relationship**
SONG Shouxu YU Jiong WEI Chen ZHANG Zhixu
- 213 Novel Collaborative Mode of Lifecycle Value Chain for Nuclear Power Equipment**
HU Bingtao FENG Yixiong MI Shanghua ZHAO Zetian SI Hengyuan LEI Weijian
TAN Jianrong
- 228 Resource Cooperative Integrated Scheduling Algorithm Based on Sub-tree Cycle Decomposition of Process Tree**
XIE Zhiqiang ZHOU Wei YANG Jing
- 240 Structural Topology Optimization with Connectivity Constraints Based on Anisotropic Helmholtz Equation**
WANG Tianci LIU Long LI Zhizhong XIANG Jifang YI Bing

- 251 Influence of Applied Magnetic Field on the Microstructures and Properties of FeCoNiCr_{0.5}B High-entropy Alloy Coating Fabricated by Plasma Cladding**
LI Sinian HUANG Haihong ZHAO Lunwu LIU Zhifeng
- 261 A Review of the Research Progress of Bionic Cutting Tools**
MA Jing ZHANG Mingjian LIU Qiang LIU Xianli YUE Caixu YANG Shaocheng
- 282 Calculation of Machining Parameters and Contact Simulation of High Reduction Hypoid Gear on Surface Synthesis**
LI Jubo WANG Yongqiang WEI Bingyang YANG Jianjun
- 290 Study on Interfacial Bonding Strength of C/SiC after Rotary Ultrasonic Milling**
LI Saichao ZHENG Kan XUE Feng SHU Jing
- 298 Influence of Stress Relieving Annealing Process on Forging TA7 Titanium Alloy Machinability**
SUN Fujian XIAO Gang JIANG Zhixian LI Shichun WAN Keqian
- 307 Research on the Crack Damage Formation Mechanisms of Polycrystalline Silicon Carbide Ceramics in Grinding Process**
DAI Jianbo SU Honghua WANG Zhongbin DING Wenfeng FU Yucan CHEN Jiajia

《机械工程学报》第十一届编委会

名誉主任

钟群鹏 (院士) 路甬祥 (院士)

名誉委员

王玉明 (院士) 石治平 (研高) 叶声华 (院士) 宁汝新 (教授) 过增元 (院士) 刘大响 (院士)
刘友梅 (院士) 刘宏民 (教授) 李圣怡 (教授) 周祖德 (教授) 胡正寰 (院士) 柳百成 (院士)
钟掘 (院士) 闻邦椿 (院士) 耿荣生 (教授) 徐金梧 (教授) 徐滨士 (院士) 熊有伦 (院士)

主任

陈学东 (院士)

副主任

王国彪 (教授) 邓宗全 (院士) 李奇 (编审) 陈超志 (教授级高工) 邵新宇 (院士)
黄田 (教授) 黄庆学 (院士)

国内委员

丁汉 (院士) 王雪 (教授) 王田苗 (教授) 王华明 (院士) 王庆丰 (教授) 王时龙 (教授)
王树新 (教授) 王海斗 (教授) 王润孝 (教授) 王耀南 (院士) 孔祥东 (教授) 卢秉恒 (院士)
史玉升 (教授) 冯吉才 (教授) 权龙 (教授) 曲兴华 (教授) 朱胜 (教授) 朱荻 (院士)
朱向阳 (教授) 华林 (教授) 刘强 (教授) 刘少军 (教授) 刘军山 (研究员) 刘志军 (教授)
刘辛军 (教授) 刘检华 (教授) 刘雪峰 (教授) 刘献礼 (教授) 刘德顺 (教授) 孙伟 (教授)
孙汉旭 (教授) 孙逢春 (院士) 严新平 (院士) 杜雪 (教授) 杜朝辉 (教授) 李大勇 (教授)
李荣德 (教授) 李涤尘 (教授) 杨永强 (教授) 杨华勇 (院士) 杨兆军 (教授) 杨绍普 (教授)
何存富 (教授) 沈功田 (研究员) 张崢 (教授) 张义民 (教授) 张卫红 (教授) 张立军 (教授)
张宪民 (教授) 陈新 (教授) 陈文华 (教授) 陈兵奎 (研究员) 陈雪峰 (教授) 苑世剑 (教授)
苑伟政 (教授) 范志超 (研究员) 林京 (教授) 林峰 (教授) 林忠钦 (院士) 周仲荣 (教授)
周华民 (教授) 单忠德 (院士) 项昌乐 (院士) 赵杰 (教授) 赵继 (教授) 赵韩 (教授)
赵丁选 (教授) 赵宏伟 (教授) 赵国群 (教授) 柯映林 (教授) 钟志华 (院士) 段吉安 (教授)
段宝岩 (院士) 姜澜 (教授) 洪军 (教授) 宫声凯 (院士) 姚建华 (教授) 姚振强 (教授)
袁巨龙 (教授) 袁寿其 (教授) 都东 (教授) 贾振元 (院士) 夏长亮 (院士) 钱林茂 (教授)
徐西鹏 (教授) 殷国栋 (教授) 高金吉 (院士) 郭万林 (院士) 郭东明 (院士) 涂善东 (院士)
陶飞 (教授) 黄卫东 (教授) 黄传真 (教授) 黄明辉 (教授) 梅雪松 (教授) 彭艳 (教授)
彭芳瑜 (教授) 葛世荣 (教授) 韩旭 (教授) 焦宗夏 (教授) 温激鸿 (研究员) 谢建新 (院士)
雒建斌 (院士) 廖维新 (教授) 谭建荣 (院士) 翟婉明 (院士) 熊蔡华 (教授) 融亦鸣 (教授)
戴一帆 (教授)

国际委员

Bi Zhang (美国)	Denis Cavallucci (法国)	Dong-Pu Cao (英国)
Duc Truong Pham (英国)	Erhan Budak (土耳其)	Guang-Bo Hao (爱尔兰)
Gui-Yun Tian (英国)	Hai-Jun Su (美国)	Han Huang (澳大利亚)
Hong-Chao Zhang (美国)	Jian-Sheng Dai (英国)	Jie (Peter) Liu (加拿大)
Jin Wang (英国)	Jorge Angeles (加拿大)	Jun Wang (澳大利亚)
Kai Cheng (英国)	Kazushi Sanada (日本)	Lian-Xiang Yang (美国)
Li-Hui Wang (瑞典)	Marco Ceccarelli (意大利)	Ming-Jian Zuo (加拿大)
S.S. Park (加拿大)	Shao-Ping Bai (丹麦)	Shin Usuki (日本)
Tamás Insperger (匈牙利)	Wei Gao (日本)	Wei-Dong Li (英国)
Wei-Ming Shen (加拿大)	Xian-Wen Kong (英国)	Xiao-Ping Du (美国)
Xi-Chun Luo (英国)	Xu-Dong Zhao (英国)	Xun Chen (英国)
Y. Lawrence Yao (美国)	Yan Jin (英国)	Ye-Hwa Chen (美国)
Yong Huang (美国)	Yong-Bo Deng (德国)	Yu-Chun Xu (英国)
Zhao-Jie Ju (英国)		



ISSN 0577-6686



9 770577 668224

13