

中国表面工程

CHINA SURFACE ENGINEERING



封面文章：基于 CMT 的钛合金电弧增材制造
技术研究现状与展望

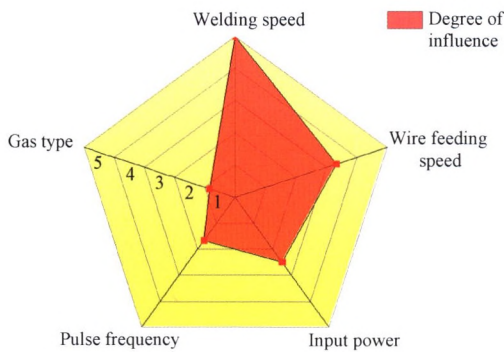
作者：伊浩 黄如峰 曹华军 刘蒙霖 周进

34卷 **3** 期 双
月刊
2021年6月刊

/// 综述论文 ///

1 基于 CMT 的钛合金电弧增材制造技术研究现状与展望

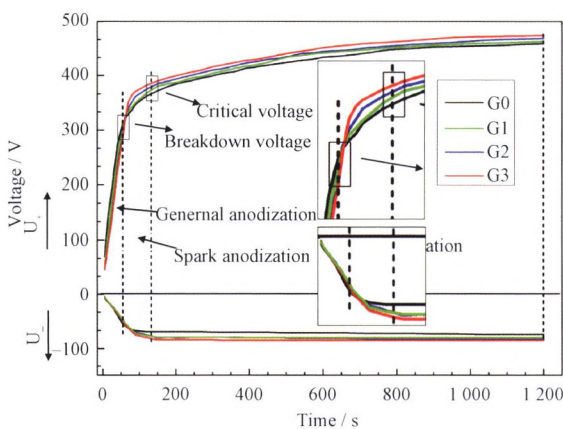
伊 浩 黄如峰 曹华军 刘蒙霖 周 进



摘要: 钛合金高强度、高耐热的特性决定了其在航空航天、船舶制造等领域的广泛应用,但由于钛合金的难加工性,使得传统锻造+机加的方式模具损耗严重、制造周期长。增材制造作为一种制造成本低、成形效率高的绿色化制造工艺,凭借其无需模具、直接成形的优势在钛合金制造领域受到国内外学者的广泛关注。电弧增材制造技术相较于其他增材工艺(如激光增材制造、电子束增材制造等)沉积效率更高,不受零件尺寸的限制,在大型和超大型结构件的制造中具有突出优势,其中基于冷金属过渡(Cold metal transfer, CMT)的电弧增材制造技术由于沉积过程更稳定、热输入量更低,已逐渐成为钛合金增材制造领域的研究热点。文中对基于冷金属过渡的钛合金电弧增材制造技术的研究现状进行综述,介绍钛合金打印件的微观组织和力学性能特征,总结分析了成形参数对打印件微观组织与力学性能的影响规律,并概述了形核条件调控、轧制和超声冲击等辅助技术对打印件微观组织与力学性能的影响机制,最后展望了钛合金 CMT 电弧增材制造的未来发展趋势。

16 石墨烯添加剂在微弧氧化层中作用机理

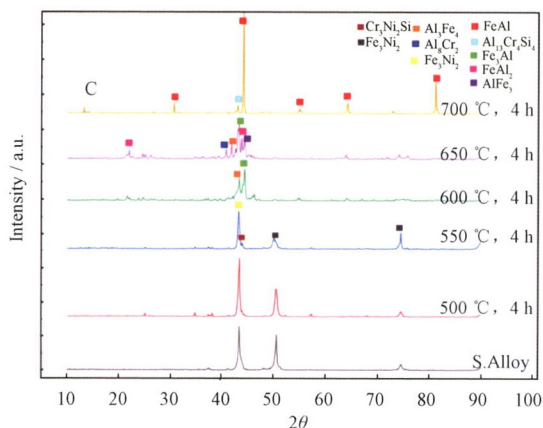
宋 巍 李占明 邱 骥 孙晓峰 王海斗



摘要: 微弧氧化是轻合金表面防腐的关键手段,复合涂层中石墨烯的防腐减摩潜能也被逐渐挖掘验证。详细介绍了石墨烯添加剂对电解液和电参数,以及膜层结构和性能等方面影响作用的研究现状,阐述轻合金表面石墨烯复合微弧氧化层需要进一步探索的问题。电解液中添加石墨烯后,降低了阳极绝缘层击穿电压,促进了膜层的生长和新相生成;微弧氧化层中石墨烯以填充和包覆的增强相形式存在,可明显改善膜层的致密度和厚度,促进膜层防腐耐磨性能进一步提升;结合轻合金表面碳元素、相位角和阻抗等特征参数的表征分析,可以较好地验证滑动摩擦和电化学腐蚀过程中石墨烯的增强作用机理,绘制的原理示意图也更具直观性。

25 钢表面粉末包埋渗铝的表面状态及元素扩散机理研究进展

李微 黄煌 黄伟颖 陈辉涛 肖国源 陈荐 何建军 任延杰 张圣德

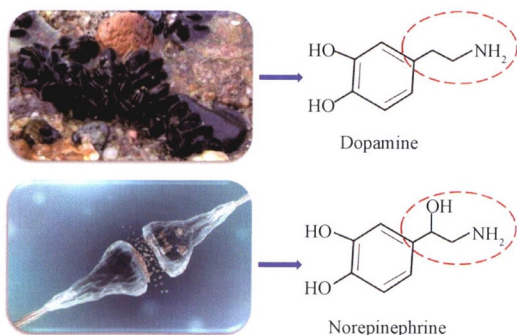


摘要: 钢铁作为基础性结构材料,应用在国民经济的各个领域。由于钢材在工程应用中会发生氧化、腐蚀,采用粉末包埋渗铝对钢材进行表面改性可提高其抗氧化性能和腐蚀性能。目前为止,关于渗铝工艺参数对渗层微观组织、表面状态和元素扩散机理的研究,比较零散,缺乏系统总结。综述渗铝工艺参数对粉末包埋渗铝钢的微观组织、表面状态及其性能的影响,分析渗铝工艺参数与渗层微观组织的关联;概括渗铝工艺参数对 Fe-Al 元素扩散系数和扩散激活能的影响规律,分析 Fe-Al 元素扩散机制;总结渗铝层预测模型,对粉末包埋渗铝钢的研究趋势进行展望。

关键词: 粉末包埋渗铝; 微观组织; 表面状态; 元素扩散; 渗铝预测模型

40 聚去甲肾上腺素构建的多功能仿生表面

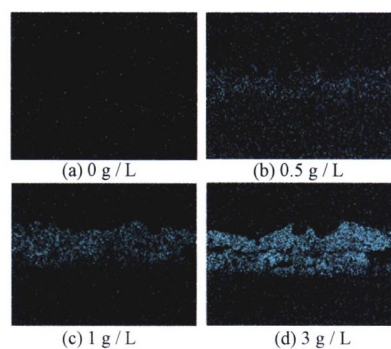
韩亚宁 刘涵云 冯卫华 马洪超 杨丽敏 姜磊



摘要: 贻贝的足丝可以分泌出贻贝黏附蛋白,使其在潮湿的海洋环境中也可以牢牢黏附在各种物体表面。聚去甲肾上腺素(PNE)是类似于贻贝足丝结构的仿生材料,具有制备工艺简单、生物相容性好、黏合性强、易于功能化、光热转换效率高等特点,它可以由去甲肾上腺素(NE)单体在弱碱性 pH 环境中自发聚集形成。此外,NE 能够在绝大多数材质的基底上聚集成纳米尺度的 PNE 薄膜,产生亲水性强、化学性能稳定、生物相容性优良的仿生表面。近年来,基于 PNE 优异的物化性质构建多功能的纳米平台,并开始被用于组织工程、生物传感、电极优化、癌症治疗等应用领域。这篇综述对近年来 PNE 的结构、性能和应用研究进行分类介绍、分析和总结,并对其存在的挑战和未来发展前景进行讨论和展望。

59 氟锆酸钾添加浓度对铝基 PEO 涂层热物理性能的影响

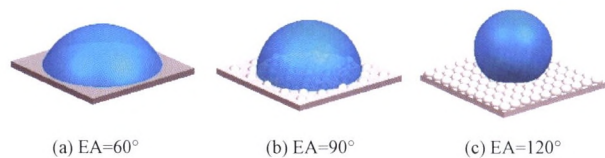
朱剑威 李国栋 马 飞 黄国龙 齐少豹 郭灵燕 李 光 夏 原



摘要: 为了研究氟锆酸钾 (K_2ZrF_6) 添加对铝基 PEO 涂层热物理性能的影响。在硅酸盐-氢氧化钠电解液体系下, 通过掺杂不同浓度的氟锆酸钾 (0, 0.5, 1.5 和 3 g/L), 使用等离子体电解氧化技术 (PEO) 在纯铝基体表面制备得到了氧化铝-氧化锆复合陶瓷涂层。采用 DSC 以及 LFA 对涂层的热物理性能 (比热容、热导率) 进行了表征, 并通过 SEM、XRD、EDS 等测试手段分析了不同添加浓度下铝基 PEO 陶瓷涂层的显微形貌以及相结构组成, 对其变化趋势及对热物理性能的影响机理进行了讨论与分析。结果表明: 氟锆酸钾掺杂后, 涂层相结构主要由 $\alpha-Al_2O_3$ 、 $\gamma-Al_2O_3$ 、莫来石与 $t-ZrO_2$ 组成; 随着添加浓度的增加, 陶瓷涂层的生长速率不断提高、内部的微孔数量增多、氧化锆含量持续上升, 涂层密度先下降后增加, 涂层表面出现局部放电现象; 锆元素掺杂后涂层比热容呈现出波动下降趋势, 热导率数值显著降低, 当氟锆酸钾添加浓度为 1 g/L 时, 涂层的热导率最低, 为 $0.148 W/(m \cdot K)$, 较添加前降低了 72.5%。对于纯铝基体, 在硅酸盐体系电解液引入氟锆酸钾成分可以有效降低涂层的热导率, 提高涂层的隔热性能。

66 配电网线路防结冰涂层构筑及其性能评价

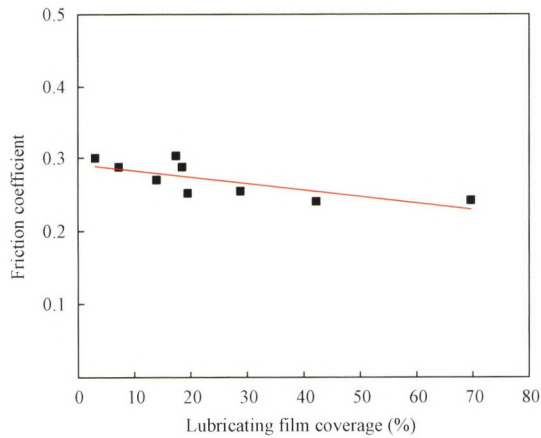
李超逸 宋世杰 蔡 猛 贺继樊 樊小强 彭金方 朱旻昊



摘要: 随着我国电力系统的发展, 配电网线路已经完成了多地域全覆盖, 这其中必须承受广域多环境的不利影响, 其中覆冰问题带来的负面影响尤为严重。使用疏水性涂层可以有效地预防配电网线路产生覆冰, 与传统的机械、热力除冰法相比更节约人力和物力。因此, 适用于线路的疏水涂层是现阶段改善配电网覆冰问题的研究重点。通过引入聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 和 SiO_2 成分到环氧树脂中, 成功制备了接触角大于 145° 的涂层, 不仅显著优化了环氧涂层疏水性能, 而且适用于铝绞线表面涂装。通过模拟低温和滴水自然覆冰条件, 对比分析了涂覆不同疏水性能导线样品的表面覆冰质量、厚度及形貌等数据。结果表明, 在 $-5^\circ C$ 时, 涂覆添加有 PDMS 和 SiO_2 的环氧树脂涂层导线覆冰质量与原始导线相比降低了 66.8%; 如此的疏水涂层能够改变导线结冰的形貌, 使总覆冰中冰挂质量的比例提升 4%~6%, 集中在导线下侧的冰挂更有利于配合机械法和热力融冰法进行清除。

75 基于色度分析方法对铜基石墨材料摩擦表面自润滑膜的评价分析

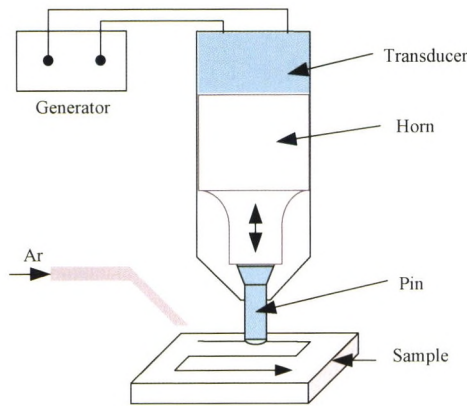
温 恒 解 挺 李 晨 陈 堃 张俊龙 尹延国



摘要: 提出一种基于色度分析方法对铜基石墨复合材料摩擦过程中产生的石墨润滑膜图片进行图像处理, 从而实现石墨自润滑膜的覆盖率进行定量分析。这种方法较通常使用的二值化图像处理方法更加合理、准确, 能够更加真实的反映出石墨润滑膜覆盖情况。基于色度分析方法对转移膜覆盖率的分析较二值化图像处理方法分析的准确度有显著提升。通过定量分析研究了石墨含量及尺寸对自润滑膜覆盖率的影响, 结果发现随着石墨含量的增加、石墨尺寸的减小, 自润滑膜覆盖率逐渐增加。分析表明, 随着自润滑膜覆盖率的提高, 铜基石墨复合材料的摩擦因数成线性降低, 而磨损量略有提高。

83 超声波冲击技术对 AA6061-T6 空蚀行为的影响

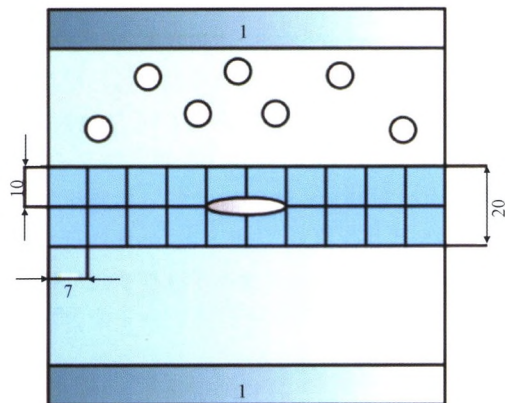
李 豪 吴凤和 赵 夙 张庆龙 李一飞



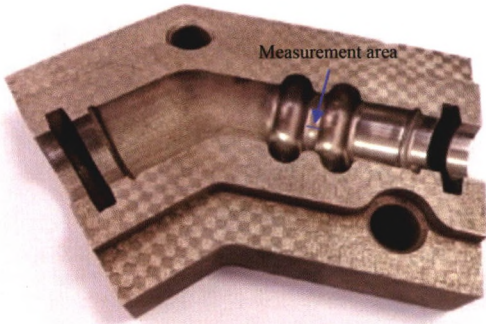
摘要: AA6061-T6 铝合金因较高的比强度、良好的可成型性广泛应用于汽车工业中, 但较差的空蚀性能极大的降低了其使用寿命。利用超声波冲击技术在 AA6061-T6 表面制备了塑性形变强化层, 研究了塑性形变强化层的微观组织、残余应力及显微硬度分布和抗空蚀性能。结果表明: 超声波冲击强化后铝合金表面择优取向由原始的 (200) 转变为 (111), 并形成约 140 μm 塑性变形层。与未强化试样相比, 强化试样表面显微硬度提高了 80.7%, 并形成 140 μm 硬化层; 表面植入残余压应力达到 -259 MPa, 残余压应力层深达到 700 μm 。超声波冲击强化处理后的空蚀性能提高 2.36 倍; 空蚀表面形貌分析表明强化后试样空蚀机制由韧性断裂转变为脆性断裂和疲劳破坏。研究表明超声波冲击强化后试样表面晶粒细化、择优取向转变、硬度提高以及较高残余压应力等增强了材料的抗空蚀性能。

90 基于分子动力学研究孔隙率对 FeO/Fe 界面裂纹扩展的影响

周 瑾 周存龙 段晶晶 樊铭洋

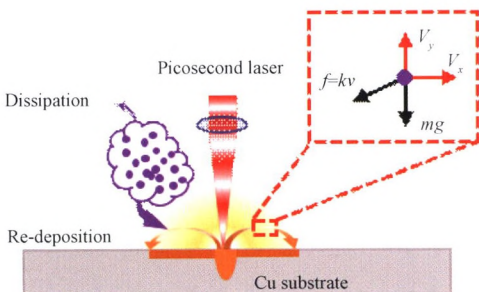


摘要: 孔隙率是影响氧化皮与钢基体界面裂纹扩展的重要因素, 采用分子动力学模拟软件 LAMMPS 建立模型 I (定孔缺陷数量模型) 和模型 II (定孔缺陷尺寸模型) 两种模型, 从抗拉强度、中心对称分析 (CSP) 以及界面局部应力分布 3 个方面研究了孔隙率对于界面裂纹扩展的影响。结果表明, 相同孔隙率下, 模型 II 比模型 I 的抗拉强度低, 表明孔缺陷分布范围比孔缺陷的尺寸对于材料的抗拉强度影响更大。同时裂纹扩展时动态不稳定性导致裂纹非对称性扩展, 孔隙率的增加会阻碍应力增长和裂纹扩展速度, 增强裂纹扩展的不对称性。当孔隙率达到 9% 时, 在界面裂纹扩展后, 模型 I+x 方向裂尖偏转界面上方孔缺陷, 模型 II 则为界面裂纹扩展后, 上方孔缺陷融合发展。



摘要: 为了去除选区激光熔化技术成型的零件表面缺陷和降低表面粗糙度, 并寻求最佳的加工参数。从理论上解析电解辅助磁粒研磨的加工机理, 利用仿真软件模拟加工区域的磁感应强度分布, 设计 Box-Behnken 试验方案, 先对材料为 Ti6Al4V 的钛合金工件表面进行电解钝化, 后进行机械磁粒研磨, 根据试验结果建立了表面粗糙度的二次响应回归方程并对建立的数学模型进行方差分析, 最后用响应面分析法分析主轴转速、磨料粒径、电解温度和电解电压对表面粗糙度的影响规律, 得到最佳的加工参数, 在最佳工艺参数下对磁粒研磨和电解辅助磁粒研磨的加工效果进行比较和分析。建立的回归方程调整后的拟合优度为 92.14%, 经过优化后的电解辅助磁粒研磨最佳加工参数如下: 电解液为浓度 16% 的硝酸钠溶液, 电解温度 28 °C, 电解电压 12 V, 磨料粒径 180 μm, 主轴转速 1 100 r/min, 使用磁粒研磨加工 60 min 后, 工件表面粗糙度由原始的 Ra 10.7 μm 降为 Ra 0.52 μm, 使用电解辅助磁粒研磨加工 60 min 后, 工件表面粗糙度由原始的 Ra 10.7 μm 降为 Ra 0.354 μm。使用电解辅助磁粒研磨可以有效去除选区激光熔化技术成型零件型腔内表面的缺陷, 并降低零件的表面粗糙度, 通过响应面分析法可以有效优化加工参数, 使用电解辅助磁粒研磨加工比单一磁粒研磨加工的加工效果好, 加工效率高。

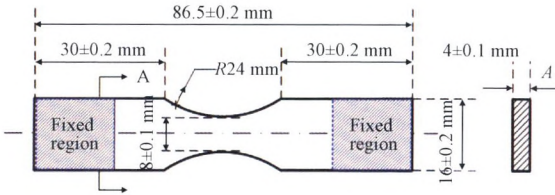
110 皮秒激光参数对仿生跨尺度乳突织构表面润湿性的影响



摘要: 无修饰的金属疏水表面受到广泛关注, 尤其是具有超高疏水性表面的制备方法逐渐被重视。通过皮秒激光烧蚀、电化学抛光和电化学沉积的顺序加工方法在铜表面制备一系列具有不同微观特征的乳突织构。系统研究激光功率、重复频率、扫描速度和扫描次数对乳突织构表面形貌及疏水性的影响, 并分析表面润湿性的转化机理。研究表明, 激光功率 9 W、重复频率 2 MHz、扫描速度 200 mm/s、扫描次数 20 次时, 跨尺度乳突织构表面静置 30 d 后可获得超高疏水性 (接触角 161°, 滚动角 1°)。储存 30 d 后, 亲水性的 Ni、CuO 转化为疏水性的 NiO、Ni(OH)₂、Cu₂O, 以及含 C 有机物的吸附促成了乳突织构表面润湿性的转化。

120 激光冲击强化前处理对 TiN/Ti 涂层/基体疲劳性能的影响

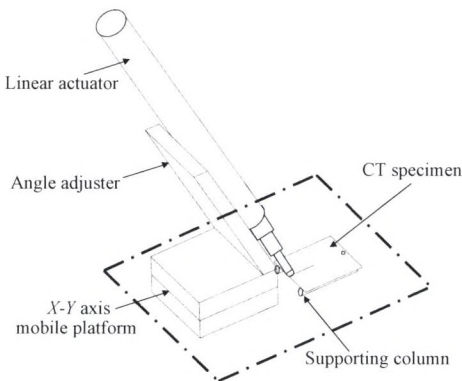
曹鑫 何卫锋 汪世广 唐琳 刘景元 胡家兴



摘要: 采用磁过滤阴极真空弧技术在 TC4 钛合金表面沉积抗冲蚀多层梯度 TiN/Ti 涂层, 沉积前对基体进行激光冲击强化前处理。采用原子力显微镜、纳米压痕和划痕仪表征了试件的表面形貌、基本力学性能等, 对试件的疲劳性能进行了考核, 并分析了疲劳断口形貌。结果表明, LSP 前处理在 TC4 表面形成了厚度约为 300 μm , 具有高硬度和残余压应力的硬化层。TC4 合金基体的平均疲劳强度为 373.8 MPa, 制备 TiN/Ti 涂层后试件的疲劳强度为 363.7 MPa, 较基体略有降低。增加 LSP 前处理后试件的疲劳强度为 411.9 MPa, 较 TiN/Ti 涂层试件提高 13.3%, 较无涂层试件提高 10.2%。TiN/Ti 涂层可以抑制表面上的裂纹萌生并减缓其扩展速率, 但在拉伸过程中发生破碎而与基体发生剥离, 裂纹抑制效果有限, 且涂层的破裂促进了裂纹扩展。采用 LSP 前处理后, TC4 表面形成的硬化层增加裂纹萌生难度, 且提高的结合强度可降低裂纹扩展速率。

130 薄膜微桥拉伸法基体梯度裂纹的制备及其稳态扩展

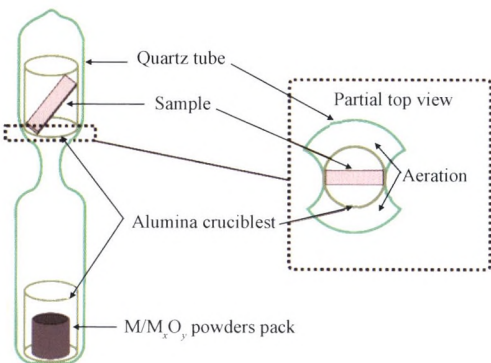
张晓民 冯杰 李金刚 孙德恩 ZHANG Sam



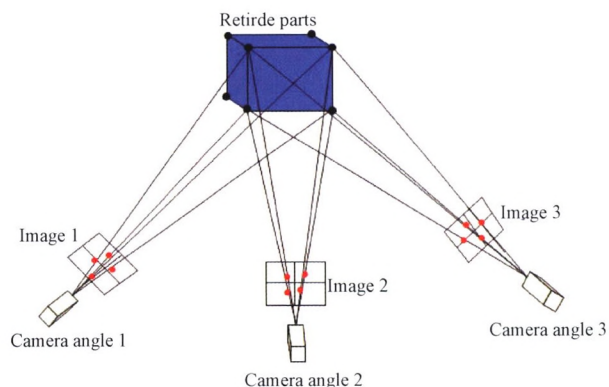
摘要: 16 mm×32 mm 单晶硅片基体紧凑拉伸测试样品上尖锐裂纹的可控制备, 及其在拉伸载荷作用下的稳态扩展, 是微桥法薄膜断裂韧性测试得以实现的关键。相较于紫外激光切割, 采用红外激光切割方法在基体背面制备出了锯齿状的背槽, 并通过控制位移加载步幅和球形压头均衡加载, 实现了三点弯曲法基体尖锐裂纹的可控制备。该基体裂纹具有梯度形貌特征, 对加载过程中的“载荷-位移”曲线以及表面裂纹扩展过程进行了考察, 揭示了梯度形貌对裂纹失稳扩展的抑制作用。基体尖锐裂纹的可控制备及其在拉伸测试中的稳态扩展, 为微桥法的标准化测试奠定了基础。

139 低氧压预氧化对 Fe-3Al-6Cr 合金表面显微组织和耐蚀性影响

王坤 严靖钰 刘亚 吴长军 彭浩平 涂浩 苏旭平



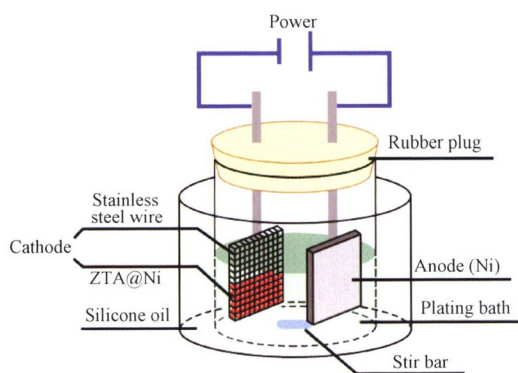
摘要: 在 950 $^{\circ}\text{C}$, 10^{-23} 、 10^{-16} 和 0.2 atm. 3 种氧压下对 Fe-3Al-6Cr 合金进行了预氧化试验, 时间为 10 min~1200 min。并在 5%NaCl 气氛中做了耐蚀性测试。结果表明: Fe-3Al-6Cr 合金在 950 $^{\circ}\text{C}$ 、 10^{-23} atm. 氧压下氧化得到的是 (Al, Cr) $_2\text{O}_3$ 外氧化膜, 在 0.2 atm. 氧压下获得的是 Fe_2O_3 与 (Al, Cr) $_2\text{O}_3$ 的混合氧化层, 研究结果完全符合 Factsage 软件的计算结果。在 10^{-16} atm. 氧压下, 氧化 10 min 的外氧化物为 FeO, 合金内层存在内氧化物 $\text{Fe}(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_4$ 与 FeAl 化合物。随氧化时间的延长, 外层氧化物变为 $\text{FeO}+\text{Fe}(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_4$, 内氧化物为 $\text{Fe}(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_4+\text{Al}_2\text{O}_3$ 。Factsage 计算出了稳定后的表面氧化物种类, 但没有计算出内氧化 Al_2O_3 。在盐雾腐蚀测试中, Fe-3Al-6Cr 合金在 950 $^{\circ}\text{C}$ 、 10^{-23} atm. 氧压中氧化 30~60 min 制备的 (Al, Cr) $_2\text{O}_3$ 氧化膜具有最好的耐蚀性。



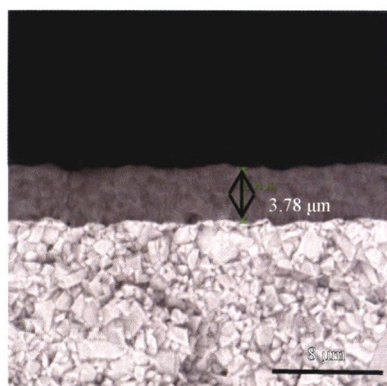
摘要: 退役零件的失效程度是判断其可再制造性的关键因素之一, 为克服失效程度难以快速精确量化的问题, 提出一种基于图像三维重建的退役零件失效特征表征方法。针对失效特征重建精度要求高的特点, 在由运动恢复形状 (Shape from motion, SFM) 算法的基础上提出一种自标定全局 SFM 三维点云重建算法, 利用光束平差法优化相机焦距、径向畸变参数, 实现了相机自标定, 增加了全局 SFM 算法的鲁棒性; 以重建有效三维点数量占比、点云完整度和相机位姿准确度为评价指标, 构建了重建精度评价模型, 实现了图像三维重建精度的量化评价; 提出了退役零件表面失效特征量化方法和实施流程, 并定义了失效特征信息计算公式; 最后, 以电梯导靴为例, 对其表面磨损失效特征进行了量化表征。试验结果表明, 该方法可以有效地用于毫米级及以上的退役零件表面失效特征的快速量化表征。

159 ZTA 陶瓷颗粒表面 Ni-TiB₂ 镀层的制备及工艺优化

贺涵 蒋业华 汝娟坚 华一新



摘要: 为了解决氧化锆增韧氧化铝 (ZTA) 陶瓷颗粒增强铁基复合材料制备过程中, ZTA 陶瓷颗粒与铁基体润湿性差的问题, 在 ZTA 陶瓷颗粒表面镀覆 Ni-TiB₂ 镀层。通过化学镀镍及电镀 Ni-TiB₂ 两步法, 先在 ZTA 陶瓷颗粒表面化学镀镍得到具有导电性的 ZTA@Ni 颗粒, 再在 ZTA@Ni 颗粒表面电镀均匀的 Ni-TiB₂ 复合镀层。采用 XRD 对 ZTA、ZTA@Ni 和 ZTA@Ni-TiB₂ 颗粒进行物相分析; 使用数码相机和 SEM 分别对 ZTA、ZTA@Ni 和 ZTA@Ni-TiB₂ 颗粒进行宏观及微观形貌观察; 并利用 EDS 分析镀层中各个元素的质量百分比。分别研究电镀液中 TiB₂ 粉末浓度、氯化胆碱-乙二醇 (ChCl-EG) 浓度及沉积电压 3 种因素对 Ni-TiB₂ 复合镀层的成分及表面形貌的影响。结果表明, 在 1.8 V 的沉积电压下, TiB₂ 粉末掺杂浓度为 6 g/L, ChCl-EG 的浓度为 9 g/L 时, Ni-TiB₂ 复合镀层平整均匀, 无孔洞产生, 镀层中的 TiB₂ 质量百分数可以达到 58.22%~64.79%。



摘要: 电弧离子镀制备的 AlCrN 涂层表面存在大量的“大颗粒”，导致其具有较高的表面粗糙度，进而降低了涂层的摩擦磨损和切削性能。采用不同后处理方法（如离子刻蚀、湿喷砂、干喷砂和微粒子喷丸）对电弧镀 AlCrN 涂层表面进行处理，利用 XRD、SEM、OM、摩擦磨损以及切削试验分析不同后处理方式对涂层组织结构、表面形貌、表面粗糙度、摩擦磨损以及切削性能的影响。结果显示：不同后处理方法均可有效清除 AlCrN 涂层表面颗粒，其中湿喷砂、微粒子喷丸和干喷砂对涂层表面颗粒数目去除效果较好，“大颗粒”分别降低了 91.1%、88.5% 和 86.9%，离子刻蚀后处理次之，颗粒数目降低了 21.0%。经处理的 AlCrN 涂层的 XRD 图谱与未处理的涂层相比没有明显变化，均为固溶 (Al, Cr) N 相，但其衍射峰均向低角度偏移。经过后处理涂层的摩擦因数相比于未处理的涂层均有不同程度降低，涂层磨损方式为磨粒磨损并伴有少量的氧化磨损。AlCrN 涂层刀具经过后处理工艺处理后，切削寿命均有不同程度提高，与未处理涂层刀具相比较经微粒子喷丸、干喷砂、离子刻、湿喷砂后处理的涂层刀具切削寿命分别提高了 30%、40%、40% 和 60%。

178 镀锌和 QPQ 处理销轴摩擦磨损行为对比

李 杰 邓云喆 周 博



摘要: 表面处理是提高机械零部件耐磨性能和使用寿命的有效方法。针对某型号石油装备产品机械手抓手上使用的 40Cr 钢销轴，对表面分别采用镀锌处理和盐浴复合处理 (Quench-polish-quench, QPQ)，对比研究基体材料及两种不同表面处理后试样的球-平板往复干摩擦磨损行为，并对摩擦过程中产生的声发射信号进行记录和分析。试验结果表明，QPQ 处理后表面硬度显著提高，深度方向的硬度分布满足设计要求，有效硬化层深度为 0.3 mm。各试样基体均为细小均匀的回火索氏体组织，镀锌试样表面镀层厚度 25 μm，QPQ 处理的试样表面形成了氧化层+化合物层+扩散层组织。两者摩擦因数曲线变化规律有一定差别，先上升后下降，随后达到稳定值。镀锌试样摩擦因数更高，最大达到 0.50，随后逐步稳定于 0.36；而 QPQ 试样最高仅为 0.18，并迅速达到稳定阶段至 0.16。同时，镀锌试样摩擦曲线上的微小波动更明显，摩擦过程不稳定程度更大。镀锌试样表面磨痕的最大深度比 QPQ 试样稍小，但最大宽度更大，磨损体积更大。声发射信号事件计数与摩擦因数之间存在相同的变化规律，即摩擦因数越高，声发射信号事件计数越多，信号数量与摩擦磨损的各阶段存在对应关系。相对来说，镀锌试样的声发射信号事件计数更多，信号能量也更大。

CONTENTS

- 1 Research Progress and Prospects of CMT-based Wire Arc Additive Manufacturing Technology for Titanium Alloys**
YI Hao HUANG Rufeng CAO Huajun LIU Menglin ZHOU Jin
- 16 Effects and Mechanisms of Graphene Additive in Micro-arc Oxidation Composite Coatings**
SONG Wei LI Zhanming QIU Ji SUN Xiaofeng WANG Haidou
- 25 Research Progress on Surface State and Element Diffusion Mechanism of Steel with Surface Coating Prepared by Pack Aluminizing Method**
LI Wei HUANG Huang HUANG Weiyong CHEN Huitao XIAO Guoyuan
CHEN Jian HE Jianjun REN Yanjie ZHANG Shengde
- 40 Multifunctional Biomimetic Surface Constructed by Polynorepinephrine**
HAN Yaning LIU Hanyun FENG Weihua MA Hongchao YANG Limin JIANG Lei
- 59 Effects of K_2FZr_6 Concentration on Thermo-physical Properties of Aluminum Based PEO Coating**
ZHU Jianwei LI Guodong MA Fei HUANG Guolong QI Shaobao
GUO Lingyan LI Guang XIA Yuan
- 66 Construction and Analysis of Anti-icing Coating for Distribution Lines**
LI Chaoyi SONG Shijie CAI Meng HE Jifan FAN Xiaoqiang
PENG Jinfang ZHU Minhao
- 75 Evaluation and Analysis of Self-lubricating Films on Friction Surface of Copper Matrix Graphite Composite Based on Chromaticity Analysis Method**
WEN Heng XIE Ting LI Chen CHEN Kun ZHANG Junlong YIN Yanguo
- 83 Effects of Ultrasonic Impact Technology on Cavitation Erosion Behavior of AA6061-T6**
LI Hao WU Fenghe ZHAO Su ZHANG Qinglong LI Yifei

- 90 Molecular Dynamics-based Study of Effect of Porosity on Crack Propagation at FeO/Fe Interface**
ZHOU Jin ZHOU Cunlong DUAN Jingjing FAN Mingyang
- 100 Study on Electrolysis Assisted Magnetic Abrasive Finishing of SLM Parts Cavity Surface**
LIU Wenhao CHEN Yan WANG Jie DING Ye ZHANG Zequn PAN Mingshi
- 110 Effects of Picosecond Laser Parameters on Surface Wettability of Cross-scale Bionic Mastoid-like Texture**
WANG Dong ZHANG Zhenyu ZHANG Zhaoyang GU Qinming MENG Fanning
- 120 Effect of Laser Shock Peening Pretreatment on Thefatigue Properties of TiN/Ticoating/ Substrate**
CAO Xin HE Weifeng WANG Shiguang TANG Lin LIU Jingyuan HU Jiaying
- 130 Preparation of Gradient Substrate Pre-crack and Its Steady Propagation During Tensile Testing for Microbridge Method**
ZHANG Xiaomin FENG Jie LI Jingang SUN Deen ZHANG Sam
- 139 Effects of Low Oxygen Pressure Pre-oxidation on Surface Microstructure and Corrosion Resistance of Fe-3Al-6Cr Alloy**
WANG Kun YAN Jingyu LIU Ya WU Changjun PENG Haoping
TU Hao SU Xuping
- 149 Methods of Surface Failure Characterization for Retired Parts Based on Image 3D Reconstruction**
ZHANG Qi ZHANG Xiufen YU Gang
- 159 Preparation and Process Optimization of Ni-TiB₂ Coating on ZTA Particles**
HE Han JIANG Yehua RU Juanjian HUA Yixin
- 168 Effects of Different Post-treatments on Structures and Properties of AlCrN Coating**
ZHANG Jiamin CAI Fei WANG Wenjian ZHANG Shihong
- 178 Comparison of Friction Behavior Between Galvanized and QPQ Treated Pins**
LI Jie DENG Yunzhe ZHOU Bo

《中国表面工程》第五届编委会

荣誉委员:

王仁智 王至尧 王建曾 左铁镛* 卢柯* 朱诚 关桥* 李健 李克让
李基森 吴林 宋天虎 张嗣伟 周廉* 赵连城* 柯伟* 钟群鹏* 姜晓霞
徐航 海锦涛 黄石生 黄先祥* 曹春晓* 屠振密 臧克茂* 潘际銮*

主任委员: 徐滨士*

副主任委员: 马世宁 陈建敏 朱胜

国内编委:

丁传贤* 马世宁 马胜利 王为 王彦 王铀 王维 王立平 王海斗
王福会 甘晓华* 左铁钏 叶福兴 冯吉才 吕反修 朱胜 朱旻昊 朱嘉琦
乔培新 向巧* 刘敏 刘宣勇 刘维民* 安茂忠 孙冬柏 杜善义* 李骏*
李曙 李长久 李金桂 李晓刚 李晓延 何实 何丹农 张平 张帆
张伟 张永振 张晨辉 陈坚 陈华辉 陈建敏 陈超志 邵天敏 范多旺
林安 林健凉 周仲荣 周克崧* 单际国 单忠德* 段金弟 顾卡丽 徐久军
徐可为 徐滨士* 高玉魁 高金吉* 郭东明* 黄峰 梅金虎 曹华军 葛世荣
游光荣 雷明凯 蔺增 雒建斌* 薛群基*

国际编委:

Dongying Ju (日本) Hanlin Liao (法国) Hanshan Dong (英国)
Jacek Senkara (波兰) Joseph Buhagiar (马耳他) Nabil Z. Nasr (美国)
Ping Xiao (英国) Rolf Steinhilper (德国) Ronghua Wei (美国)
Sik-Chol Kwon (韩国) Tadeusz Wierzchoń (波兰) William Schwarck (英国)
Winifred Ijomah (英国) Wolfgang Tillmann (德国) Zhenqi Zhu (美国)
Zhong Chen (新加坡)

(注: 带*号的为中国科学院、中国工程院院士)

ISSN 1007-9289

