

# 表面技术

# SURFACE TECHNOLOGY

月刊 1972年2月创刊  
2015年1月20日出版 第44卷 第1期

Monthly Initial Issue Feb.1972  
Jan.20, 2015 Vol.44 No.1

主管单位: 中国兵器装备集团公司  
主办单位: 中国兵器工业第五九研究所

Superintendent: China South Industries Group Corporation  
Sponsor: Southwest Technology and Engineering Research Institute

编辑出版: 重庆五九期刊社  
社 长: 吴护林  
副 社 长: 张伦武 (兼) 李文涛 (常务)  
主 编: 吴护林 (兼)

Publisher: Chongqing Wujiu Periodicals Press  
President: WU Hu-lin  
Vice Presidents: ZHANG Lun-wu LI Wen-tao  
Editor-in-Chief: WU Hu-lin

编辑部主任: 梁爱锋  
编辑部副主任: 胡江华  
责任编辑: 李继红  
电 话: 023-68792193  
传 真: 023-68792396  
网址(投稿): www.surface-techj.com  
电子邮箱: wjqkbm@163.com  
地 址: 重庆市石桥铺渝州路33号  
邮 编: 400039

Editorial Department Director: LIANG Ai-feng  
Associate Editorial Department Director: HU Jiang-hua  
Responsible Editor: LI Ji-hong  
Tel: 023-68792193  
Fax: 023-68792396  
Website: www.surface-techj.com  
Email: wjqkbm@163.com  
Address: P. O. Box 2331, Chongqing, P. R. China  
Postcode: 400039

市 场 部: 李伏 钟克萍  
李颖 冯利军  
电 话: 023-68792283  
排 版: 周洪渝

Marketing Department: LI Fu ZHONG Ke-ping  
LI Ying FENG Li-jun  
Tel: 023-68792283  
Typesetting: ZHOU Hong-yu

印刷单位: 重庆蜀之星包装彩印有限公司  
发行范围: 国内外公开发行  
国内发行: 重庆市报刊发行局  
国外发行: 中国国际图书贸易  
邮发代号: 78-31  
国外发行代号: BM3295  
广告经营许可证: 渝工商广字040297号

Printer: Chongqing Shuzhixing Printing Plant  
Distribution Coverage: International Distribution  
Domestic Distributor: Chongqing Bureau for Distribution of  
Newspapers and Journals  
Oversea Distributor: China International Book Trading Corporation  
Order Office: All Local Post Offices in China(78-31)  
Oversea Distribution: BM3295  
Advertising License: Chongqing Industrial and Commercial  
Advertisements No.040297

## 数据库收录

### 国内收录

全国中文核心期刊  
RCCSE中国核心学术期刊  
中国期刊全文数据库全文收录期刊  
中国学术期刊综合评价数据库统计源刊  
中国期刊网全文收录期刊  
《中国学术期刊文摘(中文版)》收录源期刊

中国科学引文数据库(GSCD)来源期刊  
中国科技核心期刊  
中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊  
《中国学术期刊(光盘版)》入编期刊  
中文科技期刊数据库收录期刊

### 国外收录

美国《化学文摘》(CA)

美国《剑桥科学文摘》(CSA)

## 著作权声明

所有作者同意论文录用后, 即视为同意将著作权中的修改权、复制权、发行权、信息网络传播权、翻译权、汇编权在全世界范围内转让给本刊。未经本刊书面许可, 作者不得授权他人或组织以任何形式汇编、转载、出版本文的任何部分。若发生一稿多投、泄密、侵权等问题, 一切责任由作者承担。

该论文在重庆五九期刊社编辑出版发表后, 重庆五九期刊社向作者支付一次性稿酬, 并赠送样刊两本。若重庆五九期刊社再以其他形式出版该论文, 将不再支付作者稿酬。

# 《表面技术》第五届编辑委员会

(按姓氏拼音排序)

## 高级顾问

曹楚南 (中国科学院院士)

雒建斌 (中国科学院院士)

丁文江 (中国工程院院士)

涂铭旌 (中国工程院院士)

柯伟 (中国工程院院士)

徐滨士 (中国工程院院士)

## 主任委员

吴护林 (西南技术工程研究所研究员, 所长)

## 副主任委员

李 宁 (哈尔滨工业大学教授)

钱一欣 (中国兵器装备集团公司)

李晓刚 (北京科技大学教授, 新材料技术研究院  
副院长)

邱家稳 (中国空间技术研究院研究员, 研究发展部  
总工程师)

林昌健 (厦门大学教授)

魏子栋 (重庆大学教授, 化学化工学院院长)

马 捷 (中国表面工程协会秘书长)

喻 奇 (中国兵器装备集团公司)

潘 峰 (清华大学教授)

郁祖湛 (复旦大学教授)

彭 晓 (中国科学院金属研究所研究员, 金属腐蚀  
与防护国家重点实验室副主任)

## 国内委员

安成强 (沈阳理工大学教授)

杜 敏 (中国海洋大学教授)

曹茂盛 (北京理工大学教授)

杜仕国 (军械工程学院教授)

曹晓晖 (沈阳理工大学教授, 环境与化学工程学院院长)

杜晓东 (合肥工业大学教授, 金属材料工程系主任)

曹晓明 (河北工业大学教授, 河北省金属材料研究所  
所长)

方 亮 (重庆大学教授)

陈宏书 (总后勤部建筑工程研究所总工程师)

冯煜东 (兰州空间技术物理研究所研究员, 表面工程  
技术重点实验室主任)

陈 军 (南开大学教授)

高 岩 (华南理工大学教授)

陈 强 (西南技术工程研究所研究员)

高玉魁 (同济大学教授)

陈文革 (西安理工大学教授)

高 原 (桂林电子科技大学教授)

陈贞坤 (福建八达表面工程技术研究所所长)

葛圣松 (山东科技大学教授, 应用化学研究所所长)

程旭东 (武汉理工大学教授)

关凯书 (华东理工大学教授)

戴品强 (福州大学教授)

郭 锋 (内蒙古工业大学教授, 材料学院副院长)

董 闯 (大连理工大学教授, 三束材料改性教育部  
重点实验室主任)

郭鹤桐 (天津大学教授)

董光能 (西安交通大学教授)

郭兴蓬 (华中科技大学教授)

郭忠诚 (昆明理工大学教授, 表面工程研究中心主任)

韩艳春 (高分子物理与化学国家重点实验室主任)  
郝建民 (长安大学教授,材料表面强化研究所所长)  
贺定勇 (北京工业大学教授,工程试验中心主任)  
何湘柱 (广东工业大学教授)  
胡吉明 (浙江大学教授,化学系副主任)  
胡如南 (北京航空航天大学教授)  
胡松青 (中国石油大学教授,理学院材料物理与化学系主任,材料腐蚀与防护所所长)  
黄小忠 (中南大学教授)  
旷亚非 (湖南大学教授,化学化工学院副院长)  
雷 红 (上海大学纳米科学与技术研究中心研究员)  
冷永祥 (西南交通大学教授)  
李长久 (西安交通大学教授)  
李国禄 (河北工业大学教授)  
李 庆 (西南大学教授,材料科学与工程学院副院长)  
李卫国 (重庆大学教授)  
连建设 (吉林大学教授)  
梁成浩 (大连海事大学教授,交通与物流工程学院研究所所长)  
刘常升 (东北大学教授)  
刘道新 (西北工业大学教授,航空学院腐蚀与防护研究所所长)  
刘光明 (南昌航空大学教授,腐蚀与防护系主任)  
刘晓亚 (江南大学教授,化学与材料工程学院材料系主任)  
刘祥莹 (第二炮兵工程大学教授)  
刘 莹 (南昌大学教授)  
马世宁 (装甲兵工程学院教授)  
欧忠文 (后勤工程学院教授)  
强颖怀 (中国矿业大学教授,材料科学与工程学院院长)  
任凤章 (河南科学大学教授,材料学院材料学系主任)  
沈 军 (同济大学教授)  
时家明 (解放军电子工程学院教授)

宋诗哲 (天津大学教授)  
孙荣禄 (天津工业大学教授)  
屠振密 (哈尔滨工业大学教授)  
王华明 (北京航空航天大学教授,大型金属构件激光直接制造教育部工程研究中心主任)  
王吉会 (天津大学教授,金属材料科学与工程系副主任)  
王日初 (中南大学教授,材料学系副主任)  
王森林 (华侨大学教授,材料科学与工程学院系副主任)  
王晓雷 (南京航空航天大学教授,机电学院系主任)  
魏晓伟 (西华大学教授,材料科学与工程学院院长)  
吴建华 (中国船舶重工集团公司第七二五研究所研究员,国家重点实验室副主任)  
武利民 (复旦大学教授,材料系主任,国家教育部先进涂料工程研究中心主任)  
薛永强 (太原理工大学教授,应用化学系主任)  
薛玉君 (河南科技大学教授,机电工程学院副院长)  
杨庆祥 (燕山大学教授)  
袁巨龙 (浙江工业大学教授)  
张建华 (山东大学教授)  
张 津 (北京科技大学教授)  
张伦武 (西南技术工程研究所研究员,副所长)  
张胜涛 (重庆大学教授)  
赵 程 (青岛科技大学教授,材控系主任)  
赵景茂 (北京化工大学教授,材料科学与工程学院系主任)  
只金芳 (中国科学院理化技术研究所教授)  
周 晖 (兰州空间技术物理研究所研究员,表面工程技术国家级实验室空间机械润滑中心主任)  
周惠娣 (中国科学院兰州化学物理研究所研究员)  
周细应 (上海工程技术大学教授)  
朱丽萍 (浙江大学教授,硅材料国家重点实验室副主任)  
朱立群 (北京航空航天大学教授)  
左正忠 (武汉大学教授)

## 国外委员

Di Gao (University of Pittsburgh, W. K. Whiteford Faculty Fellow)

Win J. van Ooij (University of Cincinnati, Professor)

## 目次 CONTENTS

### 专题——表界面处理与新能源材料功能强化

#### Special Topic—Surface and Interface Processing and Function Strengthening of New Energy Materials

1 钛酸锂表面碳包覆改性研究进展

Research Progress in Carbon Coating on  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  Anode Materials

张宁, 刘永畅, 陶占良, 陈军

ZHANG Ning, LIU Yong-chang, TAO Zhan-liang, CHEN Jun

8  $\text{SnS}_2$ - $\text{SnO}_2$ /石墨烯复合材料的合成及其电化学储锂性能的研究

Synthesis and Electrochemical Li-storage Performance of  $\text{SnS}_2$ - $\text{SnO}_2$ /Graphene Composites

马琳, 叶剑波, 黄国创, 王臻, 周鑫发, 武敏, 陈卫祥

MA Lin, YE Jian-bo, HUANG Guo-chuang, WANG Zhen, ZHOU Xin-fa, WU Min, CHEN Wei-xiang

15 Li 含量对球形富锂正极材料结构和电化学性能的影响

Effects of Lithium Content on the Structure and Electrochemical Performance of Spherical Lithium-rich Cathode Materials

刘金龙, 杨军, 郭少帅, 王永刚, 王丛笑, 刘海梅, 徐群杰, 夏永姚

LIU Jin-long, YANG Jun, GUO Shao-shuai, WANG Yong-gang,

WANG Cong-xiao, LIU Hai-mei, XU Qun-jie, XIA Yong-yao

24 n 型 Bi-Te-Se 温差电材料溶液体系的电沉积过程研究

Investigations on the Electrodepositing Behaviors of the n-type Bi-Te-Se Thermoelectric Material Solution System

杨梦倩, 神政武, 刘晓清, 王为

YANG Meng-qian, SHEN Zheng-wu, LIU Xiao-qing, WANG Wei

29 通过 Au 修饰提高质子交换膜燃料电池 PtCo 合金催化剂稳定性

Improved Stability of PtCo Alloy Catalysts for Proton Exchange Membrane Fuel Cells by Gold Decoration

陈磊, 齐意, 木士春

CHEN Lei, QI Yi, MU Shi-chun

34 碳材料的掺杂改性及其用于燃料电池催化剂的研究

Research Progresses on the Doping Modification of Carbon Materials and Their Application as Catalysts in Fuel Cell

郑锐萍, 廖世军

ZHENG Rui-ping, LIAO Shi-jun

41 碳改性  $\text{TiNb}_2\text{O}_7$  及其对嵌脱锂性能的影响

Carbon-modified  $\text{TiNb}_2\text{O}_7$  and Its Effect on Lithiation and Delithiation Performance

娄帅锋, 尹鸽平, 程新群, 高金龙, 马玉林, 左朋建, 高云智, 杜春雨

LOU Shuai-feng, YIN Ge-ping, CHENG Xin-qun, GAO Jin-long,

MA Yu-lin, ZUO Peng-jian, GAO Yun-zhi, DU Chun-yu

47 双氧水水热处理泡沫镍制备  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  自集流超级电容器电极材料  
In-situ Fabrication of Self-collected  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  Supercapacitor Electrode Materials by Hydrothermal Treatment of Ni Foam in  $\text{H}_2\text{O}_2$  Solution

葛梦琪, 张洁, 徐静, 雷惊雷, 李凌杰

GE Meng-qi, ZHANG Jie, XU Jing, LEI Jing-lei, LI Ling-jie

51 氮掺杂石墨烯柔性薄膜的制备及其超电容性能

Preparation and Supercapacitor Performance of a Flexible Nitrogen-doped Graphene Film

钟奇能, 粟泽龙, 李新禄

ZHONG Qi-neng, SU Ze-long, LI Xin-lu

56 聚苯胺增强 Pt/C 催化剂活性和稳定性研究

Enhancement of Durability and Activity of Pt/C Catalyst by Polyaniline

陈四国, 薛云, 张文贵, 李莉, 丁炜, 齐学强, 魏子栋

CHEN Si-guo, XUE Yun, ZHANG Wen-gui, LI Li, DING Wei, QI Xue-qiang, WEI Zi-dong

## 膜层技术 Coating Technology

64 机械镀锌中超声功率对镀层耐腐蚀性能的影响

Effect of Ultrasonic Power in Mechanical Galvanizing on the Corrosion Resistance of the Coating

牛宗伟, 徐明玉, 李明哲

NIU Zong-wei, XU Ming-yu, LI Ming-zhe

68 Nb-Ti-Si 合金表面辉光离子渗 Mo/包埋渗 Si 制备  $\text{MoSi}_2$  涂层的研究

Preparation of  $\text{MoSi}_2$  Coating on Nb-Ti-Si Alloy by Glow Plasma Deposition of Mo/Pack Cementation of Si

曹正, 田晓东, 李宁, 王利捷, 吕娜

CAO Zheng, TIAN Xiao-dong, LI Ning, WANG Li-jie, LYU Na

72 电沉积方式对 Ni-ZrO<sub>2</sub> 纳米复合镀层耐腐蚀性能的影响

Effects of Different Electrodeposition Methods on Corrosion Resistance of Ni-ZrO<sub>2</sub> Nanocomposite Coatings

敖正红, 薛玉君, 姜韶峰, 张德颖, 李献会

AO Zheng-hong, XUE Yu-jun, JIANG Shao-feng, ZHANG De-ying, LI Xian-hui

77 工艺参数对钛合金激光熔覆 CBN 涂层几何形貌的影响

Influence of Processing Parameters on Geometrical Features of CBN Coatings by Laser Cladding on Titanium Alloy Surface

高霖, 宋德阳, 冯俊文

GAO Ji, SONG De-yang, FENG Jun-wen

81 等离子喷涂工艺对锅炉管束用 Fe 基非晶涂层组织结构和耐蚀性能的影响

Effect of Spray Process on the Microstructure and Corrosion-resistance of Fe-based Amorphous Coatings Obtained by Plasma Spray on the Boiler Tubes

高振, 郝建民, 韩建军, 鲁元, 陈永楠, 李世波

GAO Zhen, HAO Jian-min, HAN Jian-jun, LU Yuan, CHEN Yong-nan, LI Shi-bo

88 基片偏压改变对镁合金 Ti/TiN 膜质量的影响

Effect of Change of Bias Voltage on the Quality of Ti/TiN Film on Magnesium Alloy

李忠厚, 宫学博, 郭腾腾, 马芹芹, 杨迪

LI Zhong-hou, GONG Xue-bo, GUO Teng-teng, MA Qin-qin, YANG Di

## 表面摩擦与润滑 Surface Friction and Lubrication

92 TC4 表面等离子 Ni 改性层摩擦磨损研究

Study on Friction and Wear of Plasma Ni Modified Layer on Surface of TC4

王振霞, 陈丽红, 单小林, 贺志勇, 刘小萍

WANG Zhen-xia, CHEN Li-hong, SHAN Xiao-lin, HE Zhi-yong, LIU Xiao-ping

96 不锈钢光纤激光毛化及其摩擦性能

Experiment Research on Fiber Laser Texturing of Stainless Steel and Its Friction Properties

符永宏, 王浩, 杨焯刚, 符昊, 华希俊

FU Yong-hong, WANG Hao, YANG Ye-gang, FU Hao, HUA Xi-jun

102 Ni-P-PTFE 化学复合镀工艺优化及镀层性能研究

Process Optimization of Electroless Ni-P-PTFE Composite Plating and Research on the Coating Performance

张翠杰, 刘贯军, 张培彦

ZHANG Cui-jie, LIU Guan-jun, ZHANG Pei-yan

## 表面强化及功能化 Surface Strengthening and Functionalization

106 柱状微结构超疏水表面制备及其结霜性能研究

Preparation of Super-hydrophobic Surface with Cylindrical Microstructure and the Research of the Surface Frost Characteristics

丁云飞, 伍彬, 吴会军

DING Yun-fei, WU Bin, WU Hui-jun

112 分散剂涂覆处理对碳纤维在油性基体中分散性能的影响

Influence of Dispersant Coating Treatment on the Properties of Carbon Fiber Dispersion in Oily Substrate

崔莹, 孙玉, 吴波, 吴炳洋, 郑帼

CUI Ying, SUN Yu, WU Bo, WU Bing-yang, ZHENG Guo

117 无取向硅钢环保绝缘涂层的制备与性能

Preparation and Performance of Insulating Coating on Non-oriented Silicon Steel

王双红, 赵时璐

WANG Shuang-hong, ZHAO Shi-lu

122 化学蚀刻 304 不锈钢表面结构研究

Surface Structure Studies on 304 Stainless Steel after Chemical Etching

张永成, 卢建树

ZHANG Yong-cheng, LU Jian-shu

## 表面失效及防护 Surface Failure and Protection

127 三聚氰胺对碳钢在 HCl 介质中的缓蚀作用

Corrosion Inhibition of Carbon Steel in HCl Solution by Melamine

曾宪光, 郑兴文, 龚敏, 段海兵

ZENG Xian-guang, ZHENG Xing-wen, GONG Min, DUAN Hai-bing

133 脉冲电流与直流电流的阴极保护效果比较研究

Comparative Study on the Cathodic Protection Effect of Pulse Current and Direct Current

徐兴龙, 周好斌, 袁森

XU Xing-long, ZHOU Hao-bin, YUAN Sen

136 油温对海底输油管线阴极保护的影响

Effect of Oil Temperature on the Cathodic Protection of Submarine Oil Pipeline

彭泽焯, 任厚珉

PENG Ze-xuan, REN Hou-min

## 表面质量控制及检测 Surface Quality Control and Detection

141 磷化冷轧基板表面黑变缺陷研究

Study on Blackening Defect on Surface of Cold-rolled Steel Sheet for Phosphating

申龙

SHEN Long