

可重复使用航天器材料工艺技术

专刊

# 前 言

可重复使用航天器技术是航天领域创新高地和竞争热点,已成为世界航天强国航天发展战略中的重点。以猎鹰9号为代表的部分可重复使用运载火箭已规模化投入使用,其一子级可重复使用已超过100次。猎鹰9号火箭的实践表明垂直起降可重复使用运载火箭已能够实现提升进入空间规模、大幅降低成本、缩短履约周期、降低产能需求和拓展市场规模,同时Space X公司还在全力推进“超重-星舰”完全可重复使用运载火箭,目前也已开展多次原理性飞行试验和全系统飞行试验。发展可重复使用航天器不仅需要设计理念的革新、新设计方法的建立,而且还需要新材料和新工艺的支撑、更多基础数据的积累以及更具创造性的工程实践等。

中国运载火箭技术研究院科技委结构与机构技术专业组与《宇航材料工艺》编辑部合作,面向可重复使用航天器的研制需求,通过定向约稿与自由来稿相结合的方式,出版“可重复使用航天器材料工艺技术”专刊。从相关领域的研究进展综述、计算材料学方法、新材料新工艺技术、材料重复使用验证测试分析、工程实践等方面展示最新的专业研究成果、凝聚最广泛的专业智慧,为我国可重复使用航天器的发展贡献结构与机构领域的专业方案、专业智慧和专业力量。

本期特约主编  
吴会强

## 目次

### □综述

- 可重复使用热防护材料研究进展 ..... 李俊宁 冯志海 张大海 胡子君(1)
- 可重复使用航天器耐高温复合材料结构设计技术 .....  
..... 邓云飞 顾春辉 尹进 程锋 李丹圆 赵锐霞 孙宏杰(11)
- 耐高温树脂基复合材料研究进展及其在航空航天领域的应用 ..... 张涵其 谭指 彭飞 王兵(18)
- 火箭贮箱结构材料应用及发展现状 ... 李雨 王建刚 杨菊鹏 高士康 马领航 许子彦 周利(29)
- 重复使用运载火箭机构电涡流阻尼技术应用及思考 ..... 王辰 王文熙 陈政清 张宏剑 吴会强(43)

### □计算材料学

- 典型复合材料结构固化变形仿真预测与控制验证 .....  
..... 杨智勇 左小彪 范春浩 易美军 鲍益东 王超 胡俊山 李艳(54)
- 结构参数对石英纤维针刺毡防隔热和力学性能的影响 ... 杨浩伟 师建军 王伟 罗丽娟 郑振荣(62)
- 重复使用火箭贮箱焊接接头失效准则及高风险失效危险区确定研究 .....  
..... 王晓博 焦好军 晋会锦 刘德博 刘希敏(69)
- TA17钛合金板状连接件的疲劳裂纹扩展行为研究 ..... 匡格平 王群 黄学伟 刘彬 徐文涛(75)

### □新材料新工艺

- 二氧化硅气凝胶原位填充聚酰亚胺泡沫的结构及隔热性能研究 .....  
..... 胡子扬 马晶晶 赵一搏 滕冲 赵建设(82)
- 高强中模碳纤维增强高耐热双马树脂复合材料性能 ..... 樊虎 王超 左小彪 周金岑 尚呈元(89)
- 可重复使用飞行器用低密度烧蚀防热涂层研究 .....  
..... 闫雪 高超 杜宝宪 贺晨 刘健柠 曾一兵(94)
- 重复使用液氧贮箱设计、制造与试验研究 .....  
..... 刘希敏 刘德博 董曼红 阮小鹏 马云龙 杨瑞生 王晓博(102)
- 离子液体镀铝工艺在纵向解锁机构弹簧上的应用研究 .....  
..... 乐晨 张联英 郭嘉 宋启良 张毅博 王明杰(112)
- 高强韧抗疲劳TiB<sub>2</sub>/7050Al复合材料组织与性能研究 ... 刘钧 刘长志 鄢东洋 陈哲 王浩伟(119)
- 2195铝锂合金氩弧焊接头组织分析及力学性能研究 ... 温斯涵 焦好军 李启军 李海刚 吕宏军(125)

### □测试分析

- 湿热环境苯基阻尼硅橡胶加速老化与寿命预测研究 ..... 张欢 徐弘达 许文 赵云峰(130)
- 三元乙丙橡胶绝热层混炼胶贮存老化性能研究 ..... 陈雯 陈馨 吴磊 王明超 强福智(136)
- SiC/SiBCN-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>复合材料力学性能研究 ..... 王泽璇 胡兆财 刘彬 谭指 解维华(143)
- 连续SiC<sub>f</sub>/TC17复合材料室温偏轴拉伸性能研究 ..... 沙兆洋 陈国清 黄浩 王敏涓 周文龙(153)

### □工程实践

- 工艺参数对轻质热防护组件胶接装配性能的影响 ..... 方春平 张大海 赵建设(161)

本期责任编辑 李洪泉

英文编辑 李军平

版权声明:版权所有,未经许可不得转载

# AEROSPACE MATERIALS & TECHNOLOGY

## YUHAN CAILIAO GONGYI

(Bimonthly)

(Starting Publication in 1971)

ISSN 1007-2330

CN 11-1824/V

Vol.54 No.2 April 2024 (Series No.312)

## CONTENTS

Reusable Thermal Protection Materials: A Review .....	LI Junning FENG Zhihai ZHANG Dahai HU Zijun(1)
Design Technology Research of Heat-resistant Composites for Reusable Aerospace Vehicles Structure .....	
..... DENG Yunfei GU Chunhui Yin Jin CHENG Feng LI Danyuan ZHAO Ruixia SUN Hongjie(11)	
The Research Progress of High-temperature Polymer Composites and Its Application in the Field of Aerospace .....	
..... ZHANG Hanqi TAN Zhi PENG Fei WANG Bing(18)	
Application and Development Status of Rocket Tank Structural Materials .....	
..... LI Yu WANG Jiangang YANG Jupeng GAO Shikang MA Linghang XU Ziyang ZHOU Li(29)	
Application and Thought of Eddy Current Damping Technology in Reusable Launch Vehicle Mechanism .....	
..... WANG Chen WANG Wenxi CHEN Zhengqing ZHANG Hongjian WU Huiqiang(43)	
Simulation Prediction and Control Verification of Curing Deformation on Typical Composite Structure .....	
..... YANG Zhiyong ZUO Xiaobiao FAN Chunhao YI Meijun BAO Yidong WANG Chao HU Junshan LI Yan(54)	
Effects of Structural Parameters on Thermal Insulation and Mechanical Properties of Quartz Fiber Needled Felt .....	
..... YANG Haowei SHI Jianjun WANG Wei LUO Lijuan ZHENG Zhenrong(62)	
Study on Failure Criteria of Welded Joint and Determination of High Risk Failure Hazard Area of Reusable Launch Vehicle Tank .....	
..... WANG Xiaobo JIAO Haojun JIN Huijin LIU Debo LIU Ximin(69)	
Investigation on Fatigue Crack Growth Behavior of TA17 Ti Alloy Connection .....	
..... KUANG Geping WANG Qun HUANG Xuewei LIU Bin XU Wentao (75)	
Study on the Structure and Thermal Insulation Properties of Polyimide Foams In-situ Filled With Silica Aerogels .....	
..... HU Ziyang MA Jingjing ZHAO Yibo TENG Chong ZHAO Jianshe(82)	
Properties of High Strength Medium Modulus Carbon Fiber Reinforced High Heat Resistant Bismaleimide Composites .....	
..... FAN Hu WANG Chao ZUO Xiaobiao ZHOU Jincen SHANG Chengyuan(89)	
Research on Low-density Ablative and Thermal Protection Coating for Reusable Aircraft .....	
..... YAN Xue GAO Chao DU Baoxian HE Chen LIU Jianning ZENG Yibing(94)	
Design, Manufacturing, and Experimental Research on Reusable Liquid Oxygen Storage Tank .....	
..... LIU Ximin LIU Debo DONG Manhong RUAN Xiaopeng MA Yunlong YANG Ruisheng WANG Xiaobo(102)	
Research on the Application of Aluminum Electroplating in the Springs of Longitudinal Unlocking Mechanism .....	
..... YUE Chen ZHANG Lianying GUO Jia SONG Qiliang ZHANG Yibo WANG Mingjie(112)	
Microstructures and Mechanical Properties of TiB <sub>2</sub> /7050Al Composites With High Tensile Strength, Good Ductility, and Fatigue Resistance .....	
..... LIU Jun LIU Changzhi YAN Dongyang CHEN Zhe WANG Haowei(119)	
Study on the Microstructure and Mechanical Properties of 2195 Al-Li Alloy Tungsten Inert Gas Welded Joints .....	
..... WEN Sihan JIAO Haojun LI Qijun LI Haigang LYU Hongjun(125)	
Research on the Accelerated Aging and Life Prediction of Phenyl Silicone Rubber in the Environments of Heat and Humidity .....	
..... ZHANG Huan XU Hongda XU Wen ZHAO Yunfeng(130)	
Research on Storage Aging Performance of Rubber Compound of EPDM Insulation Layer .....	
..... CHEN Wen CHEN Xin WU Lei WANG Mingchao QIANG Fuzhi(136)	
Mechanical Properties of SiC/SiBCN-Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> Composite .....	
..... WANG Zexuan HU Zhaocai LIU Bin TAN Zhi XIE Weihua(143)	
Tensile Properties of Continuous SiC/TC17 Composites at Room Temperature .....	
..... SHA Zhaoyang CHEN Guoqing HUANG Hao WANG Minjuan ZHOU Wenlong(153)	
Effect of Process Parameters on Adhesive Assembly Performance of Lightweight Thermal Protection Components .....	
..... FANG Chunping ZHANG Dahai ZHAO Jianshe(161)	