

## 近空间飞行器材料与结构的力学问题

**MS55** **CCTAM2009-004327**

非烧蚀型防热机理与材料的研究进展

韩杰才, 孟松鹤, 杜善义

哈尔滨工业大学复合材料与结构研究所, 哈尔滨 150080  
hanjc@hit.edu.cn

根据高超声速飞行器服役环境特征, 简要总结防热机理与防热材料体系的国内外研究现状, 分析了高超声速飞行器对非烧蚀型防热机理与防热材料的技术需求以及“服役环境-结构-材料”之间的制约性影响, 并就超高温陶瓷头罩与前缘等典型飞行器结构所涉及的材料体系设计、工艺控制与制备优化、抗氧化与高温强韧化、使用性能评价方法与模拟表征技术进行了全面的阐述。国家自然科学基金重点项目(90505015)资助

关键词: 高超声速, 飞行器, 非烧蚀型防热, 超高温陶瓷

**MS55** **CCTAM2009-004328**

多孔隔热材料内压的时间响应

黄飞, 俞继军, 程晓丽

中国航天空气动力技术研究院, 北京 100074  
jijuny@163.com

将 DSMC 方法运用在隔热材料的机理研究中, 对多相隔热材料的二维简化模型分别进行了尺寸在 1mm, 2.5mm, 5mm 下, 不同内外压比下压力时间响应的计算分析, 旨在研究此种材料内部的压力时间响应及其影响因素。结果表明: 压力响应时间随内外压比的增加、厚度的增加都在不断增加。相对内外压比而言, 厚度对响应时间的影响比较明显, 而内外压力比相同时, 响应时间没有明显变化。在同一压比下, 随着材料厚度的增加, 响应时间将呈现非线性增加。厚度在毫米量级时的响应时间约在几十微秒至毫秒量级, 响应时间与厚度近似呈现指数关系。

关键词: 多相隔热材料, DSMC, 多孔简化模型, 压力的时间响应

**MS55** **CCTAM2009-004329**

高超飞行器挡板/身部干扰区热流不确定性对防热结构影响的初步分析

耿湘人, 王安龄, 贺立新, 刘磊, 桂业伟

中国空气动力研究与发展中心超高速空气动力研究所  
四川绵阳 622663, xrgeng2000@yahoo.com.cn

高超声速飞行器垂直挡板间由于激波/激波和激波/黏性干扰的存在, 干扰区热流很难预测准确, N-S 方程数值计算对这类区域的准确度难以确定, 而工程方法预测的精度和实际可能相差 50% 以上。鉴于此, 对热流预测的不确定性给结构传热和热应力计算带来的影响进行了分析对比, 结果表明, 在本文计算条件下, 结构温度场和热应力的计算不确定性小于热流预测的不确定性, 但由于温度积累的整体效应, 热应力计算结果的不确定性比温度为高。

关键词: 高超飞行器, 干扰区, 不确定性, N-S 方程

**MS55** **CCTAM2009-004330**

超高温陶瓷的热震强度突变机制

许向红\*, 刘国仟+, 孟松鹤+, 宋凡\*

\* 中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室  
LNM, 北京 100190, xxh@lnm.imech.ac.cn  
+ 哈尔滨工业大学复合材料与结构研究所  
哈尔滨 150001

对采用热压烧结工艺 (1950°C, 40MPa, 保温保压 1h) 制备的两种超高温陶瓷, ZrB<sub>2</sub>+20%SiC+5%X 和 ZrB<sub>2</sub>+20%SiC+15%Y(体积分数) 的抗热震性能进行了实验和理论研究。首先, 在对两类材料的基本热学和力学性能参数进行系统测定的基础上, 对它们进行从 200°C 到 1000°C 的热震处理, 热震介质(水)的温度分别从 0°C 变化至 100°C。然后, 利用 Instron 5848 材料试验机进行三点弯曲实验, 测量了不同条件热震后材料残余强度的变化。进一步地, 用扫描电子显微镜和光学显微镜观察了热震后试样表面和内部(多个横截面取样)的裂纹分布和微结构特征, 对裂纹长度、密度、以及扩展方式进行了统计分析和定量表征。研究表明, 热震诱发的裂纹是决定超高温陶瓷热震后力学性能的主要因素之一, 当热震温度超过 400°C 时, 材料内部和表面均会萌生裂纹致使热震后的残余强度突然下降, 之后随着热震温度的继续增加, 表面裂纹的密度虽有明显增加, 而热震后的残余强度却处于同一水平。结合理论分析, 定义了决定热震后材料残余强度的等效裂纹深度, 研究了热震介质温度变化对材料热震行为的影响, 探讨了两种超高温陶瓷材料的等效裂纹深度随热震介质温度变化的规律。

关键词: 超高温陶瓷, 热震残余强度, 等效裂纹深度

**MS55** **CCTAM2009-004331**

超高温陶瓷材料高温强度性能研究

李卫国\*, 方岱宁+

\* 重庆大学资源及环境科学学院工程力学系  
重庆 400030, wgli@cqu.edu.cn  
+ 清华大学工程力学系, 北京 100084

在建立的适用于整个温度历程并能揭示控制强度的各种物理机制及其演化的超高温陶瓷材料的热-损伤强度模型的基础上, 深入探讨了不同破坏模式及不同典型微结构特征尺寸对高温强度的影响, 进一步分析了高温强度对相关参数的敏感性及其随温度的变化规律。本研究工作有助于对控制超高温陶瓷材料高温强度的各种因素的全面了解, 可为基于微结构构造与控制的思路提高超高温陶瓷材料高温强度方面提供依据和途径。为我国未来近空间高超声速远程机动飞行器的发展奠定技术创新的基础做出贡献。国家自然科学基金青年科学基金项目(10702035)资助

关键词: 超高温陶瓷, 热-损伤, 高温强度, 敏感性, 微结构