

MS12

CCTAM2009-003113

微纳米功能梯度薄膜的非经典板弯曲理论

吕朝锋*, 陈伟球**, Lim CW⁺

* 浙江大学土木系, 杭州 310058, lucf@zju.edu.cn

** 浙江大学航空航天学院, 杭州 310027

⁺ 香港城市大学建筑系, 香港九龙

针对微纳米 FGM 薄膜的弯曲变形, 建立考虑表面效应的非经典连续统板弯曲理论。薄膜的体变形特性采用经典连续统板弯曲理论进行模拟, 而薄膜的表面层变形特性则由 Gurtin 和 Murdoch 的表面弹性理论来表征, 并使表面处的体应力由表面应力来平衡, 于是建立起具有非经典边界条件的连续统板弯曲理论。针对薄膜在厚度方向的功能梯度特性, 其位移场分别采用经典 Kirchhoff 假设和广义位移场假设, 建立考虑表面效应的非经典薄板弯曲理论和非经典精化理论。数值算例表明, 由于考虑了表面效应的影响, 微纳米 FGM 薄膜的无量纲抗弯刚度具有明显的尺度效应。另外, 非经典薄板弯曲理论只能用于定性预测弱梯度的 FGM 薄膜弯曲变形, 对于强梯度 FGM 薄膜的弯曲变形, 必须采用非经典精化理论才能获得较为符合实际的应力预测。国家自然科学基金 (10702061, 10725210) 和浙江省自然科学基金项目 (Y607116) 资助项目。

关键词: 微纳米薄膜, 功能梯度材料, 表面效应, 尺度效应, 非经典板弯曲理论

MS12

CCTAM2009-003114

超快激光作用下纳米薄膜热/力响应研究

周志平, 马维

中国科学院力学研究所, 北京 100190

研究了飞秒激光脉冲作用下纳米金属薄膜的微尺度传热机制和动力学响应。利用 Cattaneo 热本构模型和两步温度模型分析了微尺度传热机制, 利用 Falkovsky 和 Mishchenko 的热弹性模型研究了超快激光加热过程中纳米金属薄膜的动力学响应。采用有限元法对相应的非线性多场耦合初边值问题进行了求解。得到 100fs 脉冲激光辐照下 200nm 厚的金膜的瞬态温度场和应力场, 研究了晶粒尺寸效应对热/力行为的影响。数值结果表明: 非平衡现象明显地增大了热导率, 对电子的热波波速产生明显影响; 尺寸效应减小了热导率, 同时增大了电声耦合因子; 随着加热时间的增加, 晶粒尺寸效应对电子温度、晶格温度以及晶格应力的影响逐渐增大, 而且对点阵温度的影响明显大于对电子温度的影响。国家自然科学基金资助项目 (10627166)。

关键词: 飞秒激光脉冲, 纳米金属薄膜, 微尺度传热, 动力学响应, 有限元

MS12

CCTAM2009-003115

金属薄膜中晶粒尺寸与膜厚强化机制的研究

戴广乾*, 黄平*, 王飞⁺, 徐可为*

* 西安交通大学金属强度国家重点实验室, 西安 710049
huangping@mail.xjtu.edu.cn

⁺ 西安交通大学强度与振动教育部重点实验室
西安 710049

如何区分晶粒尺寸与膜厚对金属薄膜力学行为的贡献一直以来是材料学和力学尚未解决的问题。通过溅射法或气相沉积法制备的薄膜其晶粒一般呈柱状晶形态, 其纵向尺寸与膜厚相当, 而面内晶粒尺寸可大于、小于或等于膜厚。鉴于薄膜/钝化层界面和膜基界面对薄膜强化机制与晶界强化机制存在本质上的区别, 正确刻画晶粒尺寸、膜厚这两类尺度在金属薄膜变形中的贡献将有助于对薄膜强度尺寸效应的理解。本文采用磁控溅射法, 通过间歇沉积工艺实现了在硅片上沉积具有不同膜厚, 但晶粒尺寸相同纳米多晶铜膜。在一定的膜厚及晶粒尺寸范围内, 利用纳米压入法研究了具有不同膜厚相同晶粒尺寸或相同膜厚不同晶粒尺寸的纳米多晶 Cu 膜的硬度。建立了金属薄膜强度与晶粒尺寸及膜厚的唯象关系并讨论了这两类尺度控制下的薄膜变形机制。国家自然科学基金资助项目 (2004CB619302, 2006CB601201); 国家自然科学基金资助项目 (50501019, 50701034); 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-07-0665) 和西安应用材料基金 (XA-AM-200711)。

关键词: 晶粒尺寸, 膜厚, 纳米压痕, 硬度, 尺寸效应

MS12

CCTAM2009-003116

热循环条件下涡轮叶片热障涂层系统的有限元模拟

刘奇星, 蒋俊平, 毛卫国, 杨丽, 周益春

湘潭大学材料与光电物理学院, 低维材料及其应用技术教育部重点实验室, 湖南湘潭 411105

Zhouyc@xtu.edu.cn

热障涂层 (thermal barrier coatings, TBCs) 材料是现代高性能航空发动机内高温金属部件的关键热防护材料, 是现代航空发动机的关键技术之一。热障涂层系统是一个典型的多层结构系统, 主要由陶瓷层、过渡层、氧化层和基底四层材料构成。其中氧化层的厚度一般不超过 20, 与其它各层的尺度相差约 3~4 个数量级。对于结构极为复杂的航空发动机涡轮叶片热障涂层系统, 跨尺度的有限元模拟变得非常困难。本文针对某型号的涡轮叶片热障涂层系统, 建立了三维有限元分析模型, 模拟了热障涂层系统在热循环作用下的温度场、位移场及应力场, 分析了热障涂层系统的隔热效果和各层材料的应力场演化规律。然后分别应用第一强度理论与第三强度理论, 找出涡轮叶片热障涂层系统各层的危险点和危险区域, 为涡轮叶片热障涂层系统材料优化设计和寿命预测提供指导作用。国家自然科学基金杰出青年资助项目 (10525211); 湘潭大学博士科研启动费 (08QDZ07)。

关键词: 航空发动机, 涡轮叶片, 热障涂层, 有限元