

# 纤维型 Microstretch 复合材料的面内有效弹性模量预测

马寒松<sup>1)</sup>

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

针对纤维型 Microstretch 复合材料, 给出了预测其传统面内有效模量的解析细观力学模型。该模型中, 首先利用一种能够分析纤维形夹杂、基体局部应力场的精确解法, 以及传统细观力学中的广义自洽模型的概念来建立 Microstretch 复合材料的局部化关系(即, 给出一圆柱形长纤维夹杂(平面应变问题)放置在无限大 Microstretch 基体中, 远场在传统宏观对称应力作用下, 复合材料中夹杂、基体中的局部应力场)。其次, 在一类特殊的宏细观过渡准则下, 给出了预测 Microstretch 复合材料传统面内有效模量的解析表达式, 建立了相应的细观力学模型。数值计算结果显示, 复合材料的传统面积模量与夹杂的尺寸有关, 夹杂越小, 模量越大。以上表明, 该模型可以很好的预测静水压力载荷下复合材料有效模量的尺度效应现象, 这一点是微极模型无法办到的。当忽略 Microstretch 效应时, 该模型即退化为微极模型。同时, 文中还解释了当夹杂足够大时, Microstretch 复合材料的面积模量没有回归到传统面积模量的原因, 并给出了回归渐进值的确定方法。

## 黏聚力模型的微观机理研究

尤雪梅<sup>2)</sup> 魏悦广

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

目前, 力学界广泛采用黏聚力模型表征界面的力学响应, 模拟界面的开裂与裂纹扩展。黏聚力模型是一个宏观唯象的模型, 是对不同空间尺度界面现象的简化, 具体表示为界面相对位移与粘结力的解析关系式。模型的不足之处是缺乏物理基础。

金属/陶瓷界面力学行为是一个在科学研究领域和工业应用方面受到广泛关注的问题。本文研究针对具体的金属/陶瓷材料: Al(111)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001), 研究此界面宏观黏聚力模型形式的微观物理机制。具体研究方法为: 定义理想的界面分离模式, 即刚性分离模式; 根据界面微观结构与相互作用势, 通过平均化处理, 得到理想情况下的界面相对位移与粘结力关系。对于如上构造的理想界面分离模型, 数值结果表明, 影响界面拉伸分离关系的仅为界面上下有限周期原子层。无量纲形式的力位移关系与宏观 Tvergaard 与 Hutchinson (1992) 的黏聚力模型对照表明, 两种模型具有一致的数学形式, 说明宏观模型至少在模型形式上具有一定的微观物理意义。

针对两种模型中相对位移与最大拉伸应力量纲的不一致(理想接触面模型所得到的最大拉伸应力比通常的粘聚力模型量级高), 作者认为这是由于建立理想分离模型中考虑理想分离与理想完整晶体结构造成, 也即为不考虑缺陷效应的理想分离造成。文中进一步考虑了随机分布的界面空位缺陷对分离过程的影响。具体采用刚性体非理想接触拉伸过程的响应来模拟它的行为。具体计算为在有效接触部分按理想晶体的理想接触情形计算它的贡献, 在非理想部分假定没有接触对响应无贡献。数值结果表明, 考虑随机空位缺陷, 界面相对位移与拉伸应力关系中的最大拉伸应力下降。

本文的结果为黏聚力模型从微观的角度提供了一种可能的物理基础, 特别是阐明了接触界面的非理想性对界面的强度有实质性的影响。

<sup>1)</sup>E-mail: mahs@lnm.imech.ac.cn

<sup>2)</sup>E-mail: youxm@lnm.imech.ac.cn