

**MS5929**

## 镍钛形状记忆合金薄膜在基底约束下的马氏体相变行为及尺度效应

王曦<sup>1</sup>

1. 中国科学院力学研究所流固耦合系统力学重点实验室, 北京 100190

*E-mail: xiwang@imech.ac.cn*

形状记忆合金 (Shape Memory Alloys, SMA) 薄膜是近年来重点研究开发的功能性薄膜材料之一。SMA 在一定的应力和温度条件下能发生热弹性奥氏体和马氏体之间的相转变, 使得它具有金属所没有的形状记忆效应和超弹性等特殊性能。形状记忆合金薄膜作为致动器装置的理想材料在微机械系统及医学微装置等领域有广泛的应用。微系统的未来发展趋势要求研发更加高度集成和小型化的致动装置, 这就往往要求使用更薄的形状记忆合金薄膜, 从而需要我们研究形状记忆合金薄膜在基底约束下的马氏体相变行为及其尺度效应。形状记忆合金材料在马氏体相转变过程中, 由于奥氏体和马氏体相界面之间的相容性差异会产生相变应变, 马氏体相通过形成孪晶结构来匹配相应的应变及约束, 同时基底等材料与相变材料之间也存在界面, 这就使得相变过程中包括很多和界面相关的能量项。这些能量项往往和薄膜所受的应力状态及薄膜的尺度大小有关, 使得形状记忆合金薄膜相转变行为往往受到薄膜应力和薄膜厚度的影响。本文利用基底曲率方法测量薄膜应力随温度的变化曲线来研究镍钛形状记忆合金薄膜在基底约束下的马氏体相变行为。通过使用不同类型的基底材料, 利用镍钛薄膜和基底材料的热膨胀系数不匹配, 获得薄膜材料中不同的残余应力水平, 从而研究薄膜应力水平对相转变行为的影响规律。同时对于不同厚度的镍钛合金薄膜, 合理选择退火条件, 有效控制晶粒尺寸使其远远大于薄膜厚度, 使得通常获得的多晶薄膜的行为接近具有各种晶粒取向贡献的单晶薄膜, 从而研究薄膜厚度对相变行为的影响。研究的结论主要有: (1) 薄膜应力水平显著影响相转变温度, 应力越高, 相转变温度越高; (2) 过低的薄膜应力会改变相转变的路径, 使得相转变由直接  $B2 \rightarrow B19'$  相转变变为  $B2 \rightarrow R \rightarrow B19'$  的两步相转变; (3) 在基底约束下的马氏体相变存在明显的薄膜厚度尺度效应, 当薄膜厚度低于 500 nm, 马氏体相转变温度随着薄膜厚度显著下降, 其与薄膜厚度近似成平方根相关关系。

**Keywords:** 形状记忆合金; 薄膜; 马氏体相变; 残余应力; 尺度效应;

**Preferred Presentation Type:**