

论文

形状记忆合金的剪切本构模型

周博^{1,3}, 刘彦菊², 冷劲松³

- 1. 哈尔滨工程大学航天与建筑工程学院, 哈尔滨 150001
- 2. 哈尔滨工业大学航天科学与力学系, 哈尔滨 150001
- 3. 哈尔滨工业大学复合材料与结构研究所, 哈尔滨 150080

摘要:

利用形状记忆因子的概念, 建立了用于描述纯剪切状态下形状记忆合金(SMA)相变行为的形状记忆演化方程. 在假设SMA为各向同性材料和利用三维细观力学本构方程的前提下, 推导了纯剪切状态下SMA的力学本构方程. 所建立的形状记忆演化方程和力学本构方程中的材料常数均可以通过宏观实验来测定, 便于工程实际中的应用. 数值计算结果表明, 所建立的形状记忆演化方程能正确地描述纯剪切状态下SMA发生在奥氏体、孪晶马氏体和非孪晶马氏体间的相变行为, 力学本构方程可再现形状记忆效应和超弹性的热力学过程.

关键词: 形状记忆合金 纯剪切状态 形状记忆演化方程 力学本构方程

A CONSTITUTIVE MODEL FOR SHAPE MEMORY ALLOY IN PURE SHEAR STATE

ZHOU Bo^{1, 3}, LIU Yanju², LENG Jinsong³

- 1. College of Aerospace and Civil Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001
- 2. Department of Aerospace Science and Mechanics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001
- 3. Center for Composite Materials and Structures, Harbin Institute of Technology, Harbin 150080

Abstract:

It is of engineering interest to establish a constitutive model which includes the equations describing the phase transformation and mechanical behaviors of shape memory alloys (SMA) in pure shear state. In this study, such a shape memory evolution equation is established using the shape memory factor and Brinson's relationship of phase transformation critical stress and temperature. A mechanical constitutive equation is also developed from 3D micro-mechanical constitutive equation based on the assumption that SMA is isotropic material to express the mechanical behaviors of SMA in pure shear state. All material constants in the shape memory evolution equation and mechanical constitutive equation can be determined through macroscopic experiments, so that they are more easily used in practical applications. Numerical simulation results show that this shape memory evolution equation could simulate truly the processes of phase transformations in austenite, twinned and detwinned martensites, and the mechanical constitutive equation could predict reasonably the mechanical behaviors of SMA in pure shear state.

Keywords: shape memory alloy pure shear state shape memory evolution equation mechanical constitutive equation

收稿日期 2009-03-10 修回日期 2009-06-15 网络版发布日期 2009-09-15

DOI:

基金项目:

国家自然科学基金项目95505010, 国家高技术研究发展计划项目2006AA03Z109, 中国博士后科学基金项目20080430933和哈尔滨市科技创新人才研究专项基金项目RC2009QN017046资助

通讯作者: 周博

作者简介: 周博, 男, 1972年生, 副教授, 博士

作者Email: zhoubo@hrbeu.edu.cn

参考文献:

- [1] Yang D Z. Intelligent Materials and System. Tianjing: Tianjing University Press, 2000: 104 (杨大智. 智能材料与智能系统. 天津: 天津大学出版社, 2000: 104)

扩展功能

本文信息

- ▶ Supporting info
- ▶ PDF(436KB)
- ▶ [HTML全文]
- ▶ 参考文献[PDF]
- ▶ 参考文献

服务与反馈

- ▶ 把本文推荐给朋友
- ▶ 加入我的书架
- ▶ 加入引用管理器
- ▶ 引用本文
- ▶ Email Alert
- ▶ 文章反馈
- ▶ 浏览反馈信息

本文关键词相关文章

- ▶ 形状记忆合金
- ▶ 纯剪切状态
- ▶ 形状记忆演化方程
- ▶ 力学本构方程

本文作者相关文章

- ▶ 周博
- ▶ 刘彦菊
- ▶ 冷劲松

PubMed

- ▶ Article by Zhou,b
- ▶ Article by Liu,P.J
- ▶ Article by Ling,J.S

[2] Tanaka K. Res Mech, 1986; 18: 251
 [3] Liang C, Rogers C A. J Int Mater Syst Struct, 1990; 1: 207
 [4] Boyd J G, Lagoudas D C. J Int Mater Syst Struct, 1994; 5: 333
 [5] Sun Q P, Hwang K C. J Mech Phys Solids, 1993; 41: 1
 [6] Brinson L C. J Int Mater Syst Struct, 1993; 4: 229
 [7] Peng X, Yang Y, Huang S. Int J Solids Struct, 2001; 38: 6925
 [8] Zhu Y G, Lu H X, Yang D Z. Chin J Mater Res, 2001; 15: 263
 (朱yi国, 吕和祥, 杨大智. 材料研究学报, 2001; 15: 263)
 [9] Brocca M, Brinson L C, Bazant Z P. J Mech Phys Solids, 2002; 50: 1051
 [10] Li H T, Peng X H, Huang S L. Acta Mech Solida Sin, 2004; 25: 58
 (李海涛, 彭向和, 黄尚廉. 固体力学学报, 2004; 25: 58)
 [11] Guo Y B, Liu F P, Zai X Y, Tang Z P, Yu J L. Explos Shock Waves, 2003; 23: 105
 (郭扬波, 刘方平, 载翔宇, 唐志平, 虞吉林. 爆炸与冲击, 2003; 23: 105)
 [12] Zhou B, Yoon S H. Smart Mater Struct, 2006; 15: 1967
 [13] Zhou B, Wang Z Q, Liang W Y. Acta Metall Sin, 2006; 42: 919
 (周博, 王振清, 梁文彦. 金属学报, 2006; 42: 919)
 [14] Xiong K, Tao B Q, Yao E T. Acta Aeronaut Astronaut Sin, 2001; 22: 379
 (熊克, 陶宝祺, 姚恩涛. 航空学报, 2001; 22: 379)
 [15] Xiong K, Shen W G. Chin J Mech Eng, 2003; 39(12): 123
 (熊克, 沈文罡. 机械工程学报, 2003; 39(12): 123)
 [16] Keefe A C, Carman G P. Smart Mater Struct, 2000; 9: 665
 [17] Ou G B, Zhu J M. Material Mechanics. Harbin: Harbin Engineering University Press, 1997: 52
 (欧贵宝, 朱加铭. 材料力学. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 1997: 52)

本刊中的类似文章

1. 刘晓鹏, 金伟, 曹名洲, 杨锐. TiNi合金约束相变行为研究[J]. 金属学报, 2004,40(2): 130-134
2. 贺志荣, 张永宏, 王永善. Ti49.4Ni 50.6超弹性弹簧的相变和形变特性[J]. 金属学报, 2004,40(1): 46-50
3. 文玉华, 严密, 李宁. Fe--Mn--Si--Cr--Ni形状记忆合金约束下相变的电阻原位分析[J]. 金属学报, 2004,40(1): 72-76
4. 胡强, 金伟, 刘晓鹏, 曹名洲, 李守新. 低应力/应变幅控制的对称拉压疲劳对Ti-49.6Ni合金相变行为的影响[J]. 金属学报, 2001,37(3): 263-266
5. 郑雁军, 崔立山. TiNi合金不完全相变的温度记忆效应[J]. 金属学报, 2004,40(9): 915-919
6. 何向明, 戎利建, 闫德胜, 姜志民, 李依依. 形变对Ti44Ni47Nb9宽滞后形状记忆合金应力诱发马氏体相变行为的影响[J]. 金属学报, 2004,40(7): 721-725
7. 贺志荣, 周敬恩. 约束态TiNi形状记忆合金丝可逆形状响应应变和响应力的分析模型[J]. 金属学报, 2002,38(7): 775-779
8. 邓丽芬, 李岩, 蒋成保, 徐惠彬. 铁磁形状记忆合金Ni-Mn-Ga单晶的马氏体孪晶再取向应力应变行为[J]. 金属学报, 2004,40(12): 1290-1294
9. 杨亚卓, 赵新青, 孟令杰, 杨尚林, 徐惠彬. 低Nb含量Ni-Ti-Nb形状记忆合金的组织及相变特征[J]. 金属学报, 2005,41(6): 627-632
10. 陶斌武, 刘建华, 李松梅. 形状记忆合金Ti444Ni47Nb9的抗高温氧化性能[J]. 金属学报, 2005,41(6): 633-637

文章评论

反馈人	<input type="text"/>	邮箱地址	<input type="text"/>
反馈标题	<input type="text"/>	验证码	<input type="text" value="0505"/>