

定义颗粒增强系数: $\beta = \frac{h}{h - f_d}$ (29)

$$h = 2(1 + \nu)k^2 \left[\ln\left(\frac{2}{k}\right) - \frac{5 - 4\nu}{4(1 - \nu)} \right] \quad (30)$$

比较式 (18)、(28) 发现: 在单轴应力作用下, 体积分数为 f 的无序取向颗粒对基体的增强效应等效于体积分数为 f_d 的单轴取向颗粒对基体沿颗粒纵向的增强效应。也就是说, 体积分数为 f 的颗粒无序取向复合固体推进剂的一维力学行为等效于体积分数为 f_d 的颗粒单轴取向复合固体推进剂在取向轴上的力学行为。

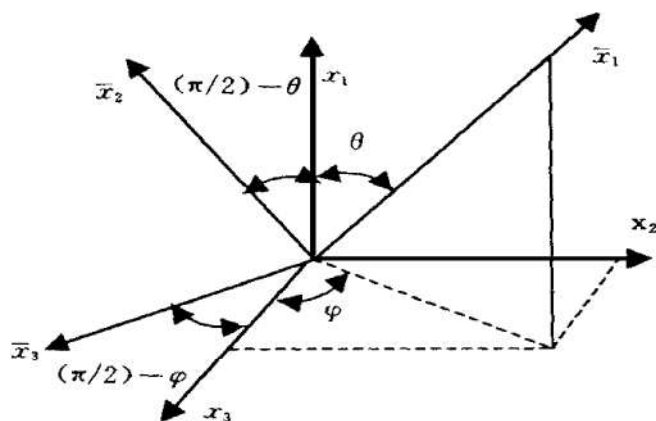


Fig. 1 Relation of $\bar{x}_i$ and x_i

4 结 论

本文从基体和颗粒的本构关系出发, 运用 Eshelby 的等效夹杂理论分析细长椭球颗粒增强复合固体推进剂线粘弹本构方程, 得到以下结论:

(1) 复合固体推进剂的线粘弹本构关系可以表示为颗粒增强系数 β 与基体本构方程的乘积, 其中 β 仅与颗粒的长细比 k 及基体的泊松比 ν 相关。

(2) 细长颗粒对基体的增强作用主要体现在颗粒的纵向。

(3) 细长颗粒无序取向对基体的增强效应与颗粒单轴取向对基体沿纵向的增强效应存在一个定量的等效关系。即: 体积分数为 f 的无序取向颗粒对基体的增强效应等效于体积分数为 f_d 的单轴取向颗粒对基体沿颗粒纵向的增强效应。

作者用 Mori Tanaka 法研究推进剂颗粒相互作用的本构方程, 得出了相同的结论。由于本文的结论是在忽略基体本构非线性的条件下得到的, 因而有一定的局限性, 对于具有非线性基体的复合固体推进剂, 本文作者将作进一步的分析。

参 考 文 献

- 1 Eshelby J D. Elastic field outside an ellipsoidal inclusion [M]. Proc Roy Soc A 252, 1959: 561~569.
- 2 彭 威, 任均国, 周建平. 复合固体推进剂线粘弹本构方程的细观力学分析 (I) 球形颗粒增强效应分析 [J]. 推进技术, 1999, 20 (6).
- 3 方岱宁, 齐 航. 颗粒增强复合材料有效性能的三维数值模拟 [J]. 力学学报, 1996 128: 475~482.
- 4 Mura T. Micromechanics of defects in solids [M]. Martinus Nijhoff Publishers, 1987.
- 5 王自强, 段祝平. 塑性细观力学 [M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- 6 梁 军, 杜善义. 含夹杂和微裂纹复合材料的损伤演化和分析 [J]. 固体力学学报, 1996, 17: 296~302.

(责任编辑: 龚士杰)

快 讯

1998 年 《Ei》收录 《推进技术》论文数继续增加

据中国科技信息研究所关于“一九九八中国科技论文统计与分析 (年度研究报告)”的统计, 美国《工程索引》(Ei) 1998 年收录的中国科技期刊 92 种, 其中《推进技术》是该年度被收录的唯一航空航天类期刊, 被收录论文增至 93 篇, 在被收录的中国科技期刊中排第 14 位。《推进技术》自 1991 年率先被《Ei》收录, 实现中国航空航天类期刊在《Ei》中零的突破后, 连续 8 年被《Ei》收录, 收录的论文数逐年增加。

(本刊通讯员)