

CSTAM2012-D01-0034

纳米纤维末端形状对其表面粘附性能的影响¹⁾

彭志龙, 陈少华²⁾

(中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190)

摘要: 自然界一类生物的超强粘附主要源自其足部多级粘附系统与物体表面间的范德华力或毛细力的观点在科学界已达成共识, 例如壁虎、苍蝇、蚂蚁、树蛙等。实验发现不同生物的粘附系统具有不同末端形状的最小粘附纤维, 且尺度达到纳米量级, 其中, 铲状纤维和蘑菇状纤维作为最小粘附单元在生物多级粘附系统中最为常见。已有仿生实验结果表明纤维末端形状对其表面粘附具有重要影响, 且蘑菇状纤维与其他形状纤维相比具有更强的粘附能力, 然而末端形状对纳米纤维粘附的影响机制目前仍不清楚。

本文建立了不同末端形状纳米纤维的粘附接触模型, 主要分析了蘑菇状、铲状、柱状等不同末端形貌及蘑菇状纤维的几何参数对单纤维/基底粘附界面强度的影响, 进一步分析了Y型纤维结构的粘附行为。结果表明: 蘑菇状纤维相比于其他末端形状纤维具有更强的粘附力, 并且其粘附力随撕脱角的增大而减小; 当撕脱角一定时, 粘附力随翼缘厚度的增大而增大; 当蘑菇状纤维与基底无摩擦理想接触时, 界面粘附力随纤维柄宽度的增大而增大, 反之, 粘附力随纤维柄宽度的增大呈现先增大后减小的趋势, 与已有实验结果一致; 蘑菇状纤维与基底间较大的有效粘附长度是蘑菇状纤维的粘附力优越于其它形状纤维的主要原因。Y型纤维结构的粘附力随“Y”分枝与基底间夹角的增大而增大的结论定性解释了壁虎通过向其质心方向收缩脚掌增强粘附力的实验现象。本文结果为进一步揭示一类生物的微观粘附机制提供了理论依据, 亦为新型超强粘附材料的设计提供了新思想。

关键词: 仿生纤维; 多纤维结构; 粘附力; 几何效应

1) 国家自然科学基金(11021262, 11125211, 10972220)资助项目

2) Email: shchen@LNM.imech.ac.cn