

• 中国学者海外论文摘要 •

仿生表面微结构在摩擦学领域取得新进展

经过 35 亿年的进化,自然界生物体表形成了许多结构奇妙、性能优异、功能丰富的表面织构,为摩擦学研究者提供了极佳的面仿生设计素材。出于对蝾螈爬行行为的好奇,南京航空航天大学的研究人员首次对其脚掌微观结构进行了观察,研究了柔性材料表面微结构在湿润环境中的摩擦学行为,探讨了织构的作用机制。该文章发表在《Bioinspiration & Biomimetics》2013 年第 8 期。

作者首先对蝾螈足垫的微观形貌(见图 1)进行

了观察,结果表明:蝾螈足垫由不规则多边形结构单元组成,尺寸在 30 μm 左右。进一步观察发现,在每个微结构单元内又密集分布着直径为 300 nm 的球冠状微凸起。

从摩擦角度考虑,蝾螈为什么会进化出该类微结构呢?为了回答此问题,作者采用光刻复模工艺在硅橡胶材料表面分别加工了圆形微凹坑、圆形及六边形微凸起阵列结构,并对其在水润滑条件下的摩擦学性能进行了评价,结果见图 2。

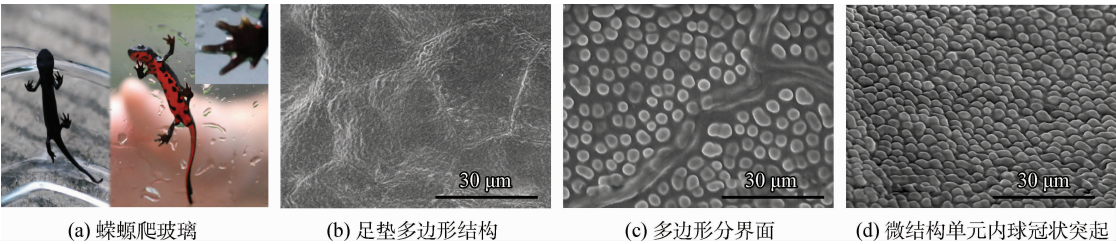


图 1 蝾螈足垫的微观形貌

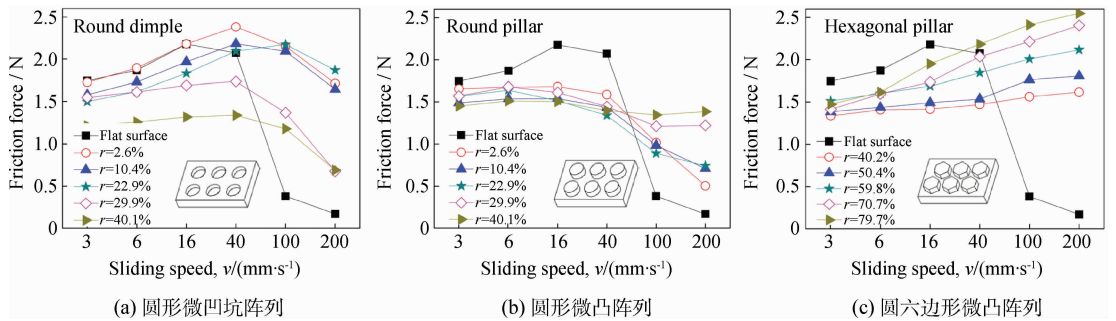


图 2 3 种微结构表面的摩擦力随速度变化曲线

在文中试验条件下,无微结构试样在低速条件下,其摩擦力较高,随着速度的增加摩擦力逐渐降低,类似的变化规律也出现在微凹坑型表面。与微凹坑不同,圆形微凸起试样在高速条件下呈现出明显的增摩趋势,且摩擦力的增加随着凸起结构面积率的升高而越发显著。

考虑到类似蝾螈足垫多边形结构有助于进一步提高微凸起结构的面积率,作者对易获得高面积率的六边形凸起结构的摩擦学行为开展了研究。结果显示:该凸起结构同样具有增摩效果,相比于

面积率较低的圆柱状表面,六边形凸起结构增摩特性更明显,且摩擦力随其面积率的增加而迅速攀升。作者指出,对于微凹坑型结构表面,其摩擦力随面积率的增加而降低,原因可能为微凹坑导致的接触面积的降低及“二次挤压润滑效应”。而对于凸起型微结构,摩擦力随面积率的增加而升高,这可能是由于凸起微结构间的沟槽具有一定的排水能力导致的干摩擦引起的。由于多边形结构更易获得高的面积率,进而形成高摩擦,这可能是蝾螈足垫进化出具有多边形结构的原因之一。

(南京航空航天大学 王晓雷 供稿)

英文全文见: Huang W, Wang X L. Biomimetic design of elastomer surface pattern for friction control under wet conditions [J]. Bioinspiration & Biomimetics, 2013(8): 046001.