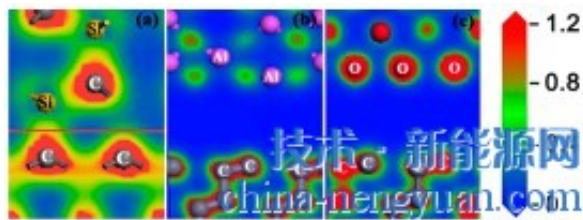


兰州化物所高真空环境类金刚石碳基薄膜摩擦机理研究获进展



碳/碳化物以及碳/氧化物对偶间摩擦界面电子密度图

中国科学院兰州化学物理研究所低维材料摩擦学课题组在高真空环境下类金刚石碳基薄膜摩擦机理研究方面取得新进展。研究工作相继发表在近期出版的ACS Appl. Mater. Interfaces (2013, 5, 5889 – 5893)和Carbon (2014, 66, 259-266)。

具有优异摩擦学性能的一类金刚石薄膜(DLC)是从微观尺度的微机电系统到宏观尺度的工程部件都具有广泛应用的固体润滑材料。然而,由于对DLC的摩擦机理还缺乏深入理解,难于控制DLC在不同环境中的摩擦学行为,从而极大地限制了其实际应用。研究人员从不同的角度出发提出了DLC减摩抗磨机制,包括化学吸附钝化理论、滑行界面的石墨化理论和转移膜理论,但是目前为止还没有提出一个被普遍接受的摩擦机理。

如何找到影响DLC摩擦的关键因素,从而提出统一的摩擦机理,是当今DLC摩擦学研究面临的一个重要科学难题。兰州化物所研究人员通过对不同真空度、摩擦转速下DLC摩擦系数的研究发现,显著的石墨化发生在低转速、高摩擦的情况。

另外,研究发现,P/v(气压/转速)影响摩擦界面碳悬键的钝化状态,从而控制DLC的摩擦系数。在相同的P/v情况下,转速对真空环境下摩擦的影响主要是通过影响气体对摩擦界面的钝化作用,而不是通过影响摩擦界面的石墨化程度,即高的石墨化程度不是低摩擦系数的原因。

这一结果和传统的石墨化理论截然不同,挑战了传统的石墨化导致低摩擦的DLC摩擦机理,提出了摩擦界面相互作用是DLC摩擦行为的关键因素。通过抑制碳质转移膜在对偶表面形成,避免纯碳质滑动界面的产生,从而避免强的碳-碳跨界面相互作用,实现了低含氢DLC在高真空环境中的低摩擦、长寿命。

研究人员选用Al₂O₃、ZrO₂两种金属氧化物陶瓷作为与碳弱相互作用的对偶材料,选用SiC和Si₃N₄作为与碳具有强相互作用的材料,对相关界面电子结构进行第一性原理计算模拟发现,界面间电子高度局域化或相互交叠是决定DLC表现出低摩擦或高摩擦的本质原因。通过上述研究建立了“摩擦界面电子高度局域化和交叠”的DLC摩擦机理,引入分离功理论验证了碳膜/对偶界面弱结合是提高薄膜高真空摩擦寿命的本质因素。基于摩擦界面电子作用分析印证了碳转/对偶界面弱结合与界面间电子高度局域化引起界面间少量电子转移有关。

上述研究工作得到了国家自然科学基金面上基金(11172300)和优秀青年基金(51322508)的资助。

原文地址: <http://www.china-nengyuan.com/tech/56357.html>