科 学 通 报
第 38 卷 第 18 期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1993 年 9 月

MoS_2微粒对二十二酸LB膜摩擦学特性的影响*

张 军 薛群基
(中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑开放研究实验室,兰州 730000)
杜祖亮 朱自强
(河南大学物理系,开封 475001)

关键词 MoS_2、二十二酸、LB 膜、摩擦特性

LB 膜由于其分子级超薄、膜内分子高度有序等特点，很早就被用来作为边界润滑剂研究[1]. 近年来，随着 LB 膜制备技术的不断改进，用这种技术制备的各类有机分子多层膜引起了众多领域研究者的兴趣[2]. 日本、美国已开始研究用这种技术解决磁记录中的润滑问题[3,4]. 由于有机分子多层膜低的热稳定性和较差的力学性能[5]，为获得良好的稳定性，研究者进行了多种探索，包括复合膜技术的利用.

从材料性能来说，复合 LB 膜有两类，一是将无机超微颗粒(纳米级)插入到有机膜中，形成有机与无机交替的 LB 膜；二是将超微颗粒用物理方法与两亲性有机分子按一定比例混合，然后用 LB 膜技术拉膜，制成多层膜. 根据不同的拉膜方式，可以制备出X型、Y型、Z型三种不同形式的 LB 膜，拉膜次数可控制膜厚为一个单分子层至数十单分子层厚.

1 研究方法

LB 膜沉积在经亲水处理的玻璃表面，沉积的膜为Y型 LB 膜. 拉膜槽为法国 LB 105型槽，拉膜由控制器自动控制. 首先，将亚相配制成 3×10^{-4}mol 的氯化镉溶液，pH 值为 6.5，按 1:1 的比例(摩尔比)将 MoS_2 和二十二酸混合，并用超声波振荡约 1h，使之混合均匀，颗粒进一步分散，取出后，再配制成 1×10^{-4}mol 的氯仿溶液，用微量进样器吸取 630μl，在靠近亚相液面处均匀滴加，约 15min 后，溶剂挥发，亚相表面便形成一层无规则排列的掺有 MoS_2 微粒的单分子层. 此时，以 1.8A^2/min 速度推膜，使膜中极性分子有序排列，稳定 60min 后，开始拉膜(膜压π = 35mN/M，转移比为 1.0)，上升和下降速度均为 0.3mm/min. LB 膜的结构变化用 D/max-RB 型自动X射线衍射分析仪分析，用岛津 EPM-810Q 电子探针观察摩擦前后试样表面形貌. 摩擦系数的测定是在 DF·PM 型动静摩擦系数精密测量装置上进行，对偶为 GCr15 钢球，负荷分别为 50,100,200,300gf，滑动速度连续可调，对摩形式为点接触单向滑动. 试验前，先将钢球用丙酮超声清洗三次，每做完一个试验点后，转动钢球，并用丙酮清洗干净后，再做下一个试验点. X射线衍射分析采用低角度X射线衍射术，TEM 样品制备方法是先用火棉胶将铜网固定在玻璃上，然后与其它试样同步拉膜.

1992-10-12 收稿，1993-02-18 收修改稿.
* 国家自然科学基金资助项目.

2 结果和讨论

我们分别考察了玻璃表面二十二酸及二十二酸/ MoS_2 LB 膜与钢球对摩时，摩擦系数与

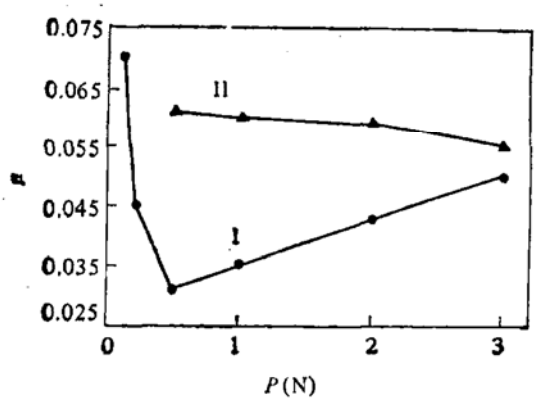

图 1 摩擦系数 μ 与负荷 P 的关系
$V = 35$mm/min

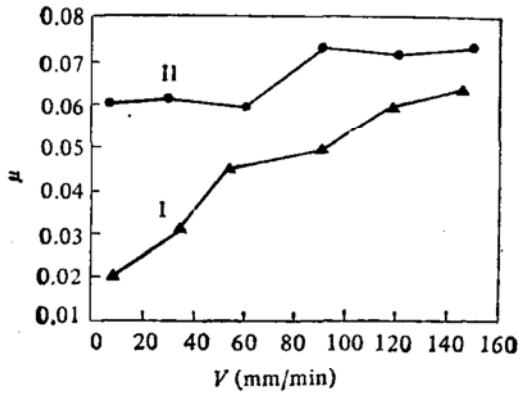

图 2 摩擦系数 μ 与滑动速度 V 的关系
$P = 0.5$N

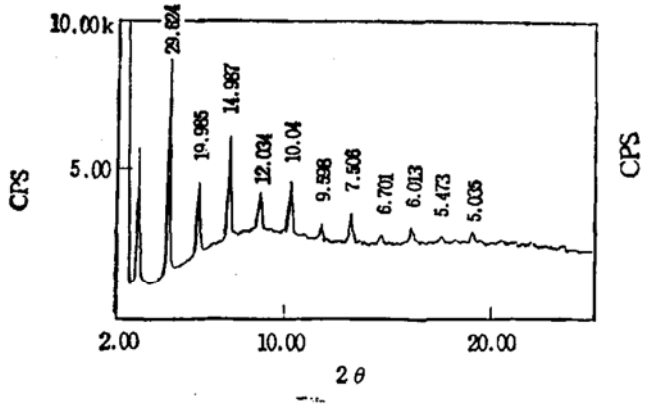

图 3 未加入 MoS_2 的试样的 XRD 谱图

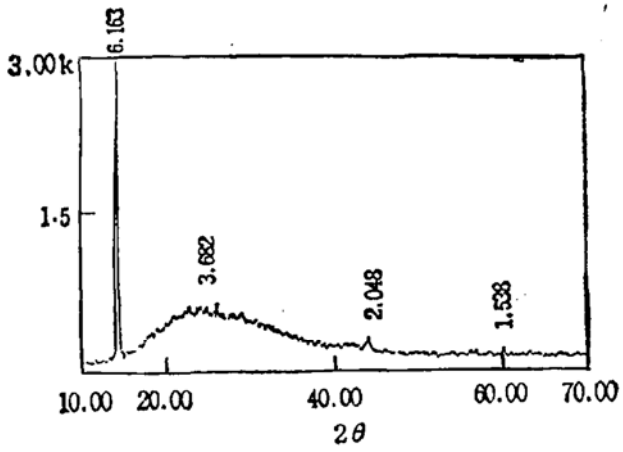

图 4 加入 MoS_2 的试样的 XRD 谱图

负荷及滑动速度的关系。图 1 和图 2 分别表示负荷和滑动速度对摩擦系数的影响，曲线 I 对应玻璃表面沉积了未加 MoS_2 微粒的 LB 膜与钢球对摩，曲线 II 为加了 MoS_2 的试样与钢球对摩。两条曲线对应的 LB膜均为 3 层。试验发现，对同一种膜，当其层数大于 3 时，膜厚(层数)的影响不很明显，而 3 层与 1 层间的区别较大，膜厚(层数)只影响膜的寿命。从图 1 可以看出，对于这两种 LB 膜，负荷对其摩擦特性均有影响。对于未加入 MoS_2 微粒的 LB 膜，当负荷小于 0.5N 时，摩擦系数随负荷的增大而迅速减小；当负荷大于 0.5N 时，摩擦系数又随负荷增大而增大。而对于加 MoS_2 微粒的 LB 膜，当负荷 (>0.5N) 增大时，摩擦系数逐渐减小，与未加 MoS_2 微粒样品的变化趋势恰恰相反。这说明，尽管 MoS_2 微粒的加入使摩擦系数有所提高，但是，这种 LB 膜的负荷承载能力得到改善。图 2 示出了当负荷不变 ($P = 0.5$N) 时，滑动速度对摩擦系数的影响。从该

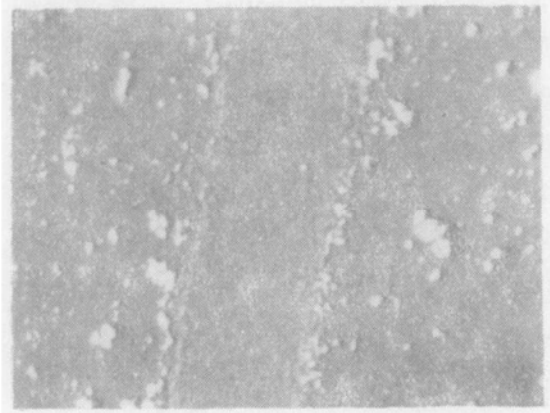

图 5 样品表面摩擦区域与未摩擦区域的形貌图

图可以看出，对于加入 MoS_2 微粒与未加入 MoS_2 微粒的两种试样，其与 GCr15 钢球对摩时，摩擦系数均随速度的增加而增加，并且，MoS_2 微粒使摩擦系数有所升高，我们将两种试样作了低角度 X 射线衍射分析，其结果如图 3、图 4 所示．图 3 为未加 MoS_2 微粒的试样的 XRD 谱图，图 4 为加了 MoS_2 微粒的试样的 XRD 谱图．从图 3 可以看出二十二酸 LB 膜的 XRD 谱峰呈现奇偶相间的规则性，说明膜具有很好的周期性层状结构，由衍射数据计算得这种层状结构的平均同等周期长度为 $d = 60.2$ Å，该值即为两个单分子层厚度．图 4 的谱峰中，上述的规则谱峰已消失，而呈现的是 (002) 取向的 MoS_2 谱峰，这表明，加入的 MoS_2 微粒并未与脂肪酸发生化学反应．电镜分析得知，膜中的 MoS_2 微粒以片状形式存在，粒径为 1—10 μm (如图 5 所示)．由于较多的大粒径 MoS_2 的存在，使二十二酸 LB 膜的规则性遭到破坏，从而使规则的谱峰消失．

我们的试验结果已表明，MoS_2 微粒使脂肪酸 LB 膜的载荷能力得以改善，而脂肪酸 LB 膜又具有低的摩擦系数．如果用纳米级 MoS_2 微粒与二十二酸混合制备 LB 膜，可能会使摩擦系数减小．接近脂肪酸LB膜摩擦系数，这一点将有待于进一步研究．

参　考　文　献

[1] 张军、薛群基，摩擦学学报，1992，12(2)：97—105.

[2] Petty, M. C., *Thin Solid Films*, 1992, **210/211**: 417—426.

[3] Ginnai, T., Harrington, A., Rodov, V. *et al.*, *Thin Solid Films*, 1989, **108**: 277—286.

[4] *JP*, 89 240 598.

[5] 李津如、唐芳琼、江龙等，第二届全国 LB 膜会议论文集，1990，198—200.