

纳米 ZrO₂ 填充 PEEK 的摩擦表面和转移膜 *

王齐华 薛群基 沈维长 杨生荣

(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)

摘 要 研究了微粒直径分别为 10nm 和 86nm 的两种纳米 ZrO₂ [填料含量为 7.5%(质量分数,下同)] 填充 PEEK 的摩擦磨损性能,用扫描电子显微镜对摩擦表面和转移膜的形貌进行了观察研究,并对材料的磨损机理作了分析与讨论.

关键词 纳米 ZrO₂ 填充聚醚醚酮复合材料 转移膜 摩擦表面形貌

分类号 O612

SEM INVESTIGATIONS OF WORN SURFACES AND TRANSFER FILMS OF PEEK FILLED WITH NANOMETER ZrO₂

WANG Qihua** XUE Qunji SHEN Weichang YANG Shengrong

(Lanzhou Institute of Chemical Physics, The Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

ABSTRACT The tribological behaviours of polyetheretherketone (PEEK) filled with nanometer ZrO₂ were studied. The particle sizes of nanometer ZrO₂ were 10 and 86nm, respectively. It was found that nanometer ZrO₂ powders with diameter of 10 nm as a filler was very effective in reducing the wear and friction of PEEK. The wear rate of PEEK filled with nanometer ZrO₂ (86 nm) was high because the composite transfer film had poor adhesion to the counterface. The dominant wear mechanism is abrasive wear and severe transfer wear. On the other hand, the anti-wear PEEK composite which was filled with 10 nm nanometer ZrO₂ transferred well to the counterface and its transfer film was thin, uniform and adhered strongly to the counterface. The major wear mechanism is slight transfer and fatigue wear.

KEY WORDS nanometer ZrO₂, filled PEEK composite, transfer film, morphologies of wear traces

纳米陶瓷微粒能显著改善其填充聚醚醚酮 (PEEK) 的摩擦学性能^[1~2]. 为探讨纳米陶瓷粒子填充 PEEK 的减摩抗磨机理,用扫描电子显微镜对两种粒径纳米 ZrO₂ 填充 PEEK 的摩擦表面和转移膜形貌进行了分析研究.

* 中国科学院固体润滑开放实验室项目. 1997年7月16日收到初稿; 1998年9月25日收到修改稿.

本文联系人: 王齐华, 兰州市 730000, 中国科学院兰州化学物理研究所

** To whom correspondence should be addressed

实验原料: PEEK 粉, 粒径小于 $100\mu\text{m}$; 纳米 ZrO_2 粉, 粒径分别为 10nm 和 86nm . 填料含量为 7.5% ^[3] 的纳米 ZrO_2 填充 PEEK 复合材料的制备工艺流程为: 配料 → 加入溶剂 → 超声波分散处理 → 烘干 → 热压 → 成型加工 → 制品. 试块的尺寸为 $30\text{mm}\times 7\text{mm}\times 6\text{mm}$, 测试表面用 900 号水砂纸打磨抛光, 并用丙酮清洗干净待用. 摩擦磨损试验在 MM-200 型试验机上进行. 对偶件是直径为 40mm 的 45# 钢环, 表面硬度为 HRC 48~50, 试验前表面用 900 号水砂纸打磨抛光, 并用丙酮洗净. 试验载荷 196N , 滑动速度为 $0.445\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 总行程为 2400m . 摩擦表面和转移膜的 SEM 形貌分析在 JEM-1200EX 型扫描电子显微镜上进行.

填充 PEEK 复合材料的摩擦磨损性能 实验结果表明, 粒径为 10nm 的纳米 ZrO_2 填充 PEEK 的磨损率比纯 PEEK 降低约一半, 同时其摩擦系数也有所降低. 而粒径为 86nm 的纳米 ZrO_2 填充 PEEK 的摩擦系数虽比纯 PEEK 的稍有下降, 但磨损率却有所增加. 这表明粒径为 10nm 的纳米 ZrO_2 能显著改善其填充 PEEK 的磨损性能, 而粒径为 86nm 的 ZrO_2 作为填充 PEEK 的填料不能改善 PEEK 的摩擦学性能.

摩擦表面和转移膜的形貌分析 图 1 表明 86nm 的纳米 ZrO_2 填充 PEEK 的摩擦表面上平行排列着连续分布的粗糙犁沟, 同时在其对偶钢环上形成了一层较厚、不连续的转移膜, 显示出其磨损机制以较为严重的磨料磨损和粘着转移为主.

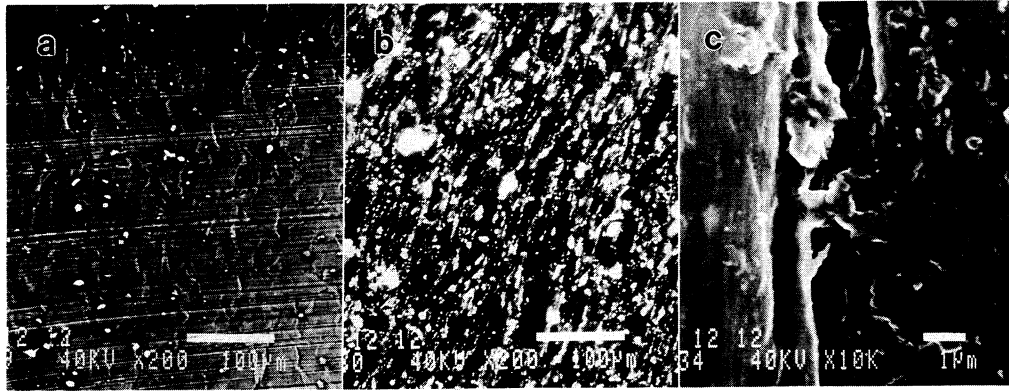


图 1 粒径为 86nm 的纳米 ZrO_2 填充 PEEK 摩擦表面和其在对偶 45# 钢环摩擦表面上形成的转移膜的 SEM 形貌像

Fig.1 Scanning electron micrographs of rubbed surfaces of nanometer ZrO_2 (86nm) filled PEEK. (a) surface of the counterpart ring; (b) (c) surface of wear scar of nanometer ZrO_2 filled PEEK

由图 2 可以看出, 该摩擦副在对偶钢环表面上形成了一层薄的、与底材粘着紧密的连续转移膜. 同时, 填充 PEEK 的摩擦表面较为光滑平整, 只有轻微的擦伤斑痕, 在高倍扫描电子显微镜下可发现其摩擦表面上分布着较多微裂纹. 表明正是由于该转移膜使粒径 10nm 的纳米 ZrO_2 填充 PEEK 的摩擦学性能大为改善, 该摩擦副的磨损方式主要以轻微的粘着转移和疲劳磨损为主.

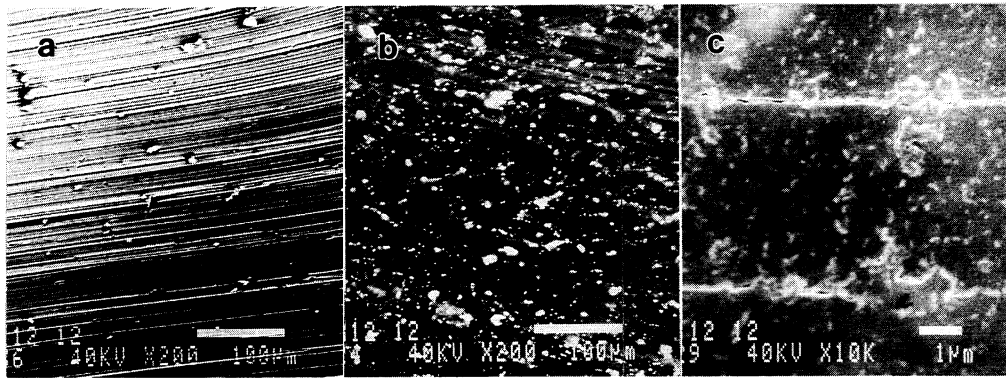


图 2 粒径为 10nm 的纳米 ZrO_2 填充 PEEK 摩擦表面和其在对偶钢环表面上形成转移膜的 SEM 形貌像

Fig.2 Scanning electron micrographs of rubbed surfaces of nanometer ZrO_2 (10 nm) filled PEEK. (a) surface of the counterpart ring; (b) (c) surface of wear scar of nanometer ZrO_2 filled PEEK

结论 粒径 10nm 的纳米 ZrO_2 可显著改善其填充 PEEK 的摩擦学性能, 是因为摩擦过程中在对偶 45# 钢环上形成了一层连续的、与底材粘着紧密的薄转移膜, 其主要的磨损机制是轻微的粘着转移和疲劳磨损; 而粒径 86nm 的纳米 ZrO_2 填充 PEEK 不能在其对偶 45# 钢环表面上形成一层性能优良的转移膜, 使其摩擦学性能变坏, 其磨损以较为严重的磨料磨损和粘着转移为主。

参 考 文 献

- 1 Qihua Wang, Jinfen Xu, Weichang Shen, Weimin Liu, *Wear*, **196**, 82(1996)
- 2 Qihua Wang, Qunji Xue, Weichang Shen, *Tribol. Int.*, **30**(3), 193(1997)
- 3 Qihua Wang, Qunji Xue, Huiwen Liu, Weichang Shen, *Wear*, **198**, 216(1996)