

文章编号:1000-582X(2002)05-0010-03

# 不同润滑状态下塑料合金轴承的摩擦实验

王海宝<sup>1</sup>, 吴光杰<sup>2</sup>, 陈战<sup>1</sup>

(1.重庆大学机械传动国家重点实验室,重庆 400044; 2.重庆三峡学院,重庆万州 404000)

**摘要:**用 MPV-200 型摩擦磨损试验机测定了超高分子量聚乙烯(简称 UHMW-PE)塑料合金轴承分别在水润滑和干摩擦条件下的摩擦学性能,考察了载荷、速度、运行时间等对塑料合金轴承的摩擦学性能的影响,结果表明:摩擦系数用水润滑的小,干摩擦下的大;但磨损率用水润滑时大,干摩擦时小。对磨损机理进行了系统的分析,为塑料合金轴承的实际应用提供理论依据。

**关键词:**超高分子量聚乙烯;轴承;摩擦;磨损

**中图分类号:** TB336

**文献标识码:** A

超高分子量聚乙烯是一种线型结构的工程塑料,具有优异的物理机械性能<sup>[1-3]</sup>,由它和填料复合而成的塑料合金具有比强度高、化学稳定性好、硬度大、方便、灵活的可加工性及优良的减摩、耐磨性能,现已成为滑动轴承中应用最多的非金属材料之一<sup>[4,5]</sup>,用它加工的滑动轴承具有很高的承载能力和减摩抗磨性<sup>[6]</sup>。有关超高分子量聚乙烯塑料的摩擦磨损特性的研究已比较成熟<sup>[7,8]</sup>,但超高分子量聚乙烯塑料合金轴承的摩擦学性能的研究鲜有报道。因此,用 MPV-200 型摩擦磨损试验机专门研究了水润滑和干摩擦条件下的超高分子量聚乙烯塑料合金轴承的摩擦磨损性能,得出不同状态下的摩擦学特性,并对作用机理进行了系统的分析,为塑料合金轴承的实际应用提供理论依据,具有十分重要的意义。

## 1 试验方法

1) 试验对象:  $\Phi 35 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$  的 UHMW-PE 合金轴承, UHMW-PE 塑料合金由 UHMW-PE 基体和一定比例的石墨及碳纤维等填料复合而成。

2) 润滑方式: 水润滑、干摩擦 2 种。

3) 试验设备: MPV-200 型摩擦磨损试验机。

## 2 试验结果与讨论

金属轴承的摩擦系数基本为常数,与载荷、相对运

动速度等无关。而超高分子量聚乙烯塑料合金轴承的摩擦系数为变量,受载荷大小、滑动速度、运行时间、温度等因素的影响。

### 1) 载荷的影响

在转动速度为 300 r/min, 试验时间为 30 min 的实验条件下,超高分子量聚乙烯塑料合金轴承的摩擦系数和磨损率与载荷的关系如图 1、图 2 所示:

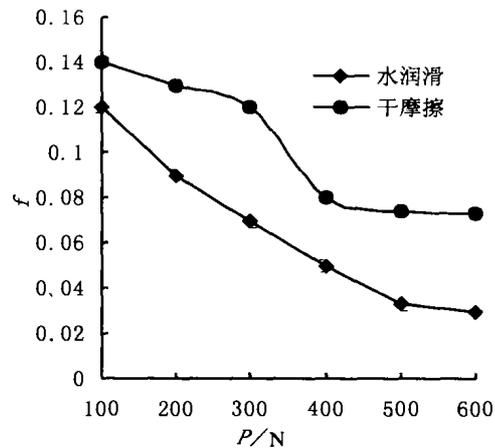


图 1 摩擦系数与载荷的关系

由图 1 可见,摩擦系数随载荷的增大而减小,最后趋于稳定值,这时因为载荷较低时,轴承承受的压力较小,超高分子量聚乙烯塑料合金的塑性变形基本不起作用,处于边界润滑状态,因而摩擦系数较大,随着载荷的增大,超高分子量聚乙烯塑料合金产生塑性变形,

· 收稿日期:2002-02-26

基金项目:教育部科学技术重点项目资助(99104)

作者简介:王海宝(1966-),男,辽宁大连人,重庆三峡学院讲师,重庆大学硕士研究生,主要从事机械设计及传动方面的研究工作。

载荷越大,产生的塑性变形也越大,结果使得轴承界面上的实际接触面积增大,导致单位面积上承受的压力反而减小,因而降低了摩擦系数。当载荷增大到一定量后,塑性变形达到最大,这时实际接触面积接近表观接触面积。达到此种饱和程度时,当外载荷再增大,摩擦力不再增加,因而摩擦系数呈现稳定值。

载荷对磨损率的影响如图 2 所示:干摩擦条件下,由于超高分子量聚乙烯塑料的优良耐磨性,合金轴承的磨损率是比较小的。随负荷的增加而稍有增大,这是因为载荷增大后,由于合金的塑性变形,引起轴承界面上的实际接触面积增大,使得磨损量增加。但由于合金中的碳纤维是优良的减摩剂,它一方面露在对摩擦面上,承受了部分载荷,同时在正压力的作用下,被重新嵌入 UHMW-PE 基体中,减少了 UHMW-PE 被直接磨损的机会,从而提高了材料的耐磨性;另一方面,它磨平了对摩擦面,减小了局部应力,使得磨损率变得很低。另外,随着 UHMW-PE 的不断磨损,石墨在磨损表面富积,形成了优良的固体润滑膜,从而进一步降低了磨损率。正是由于上述因素的综合作用,磨损率只随负荷的增加而稍有增大。水润滑条件下,磨屑进入水中, UHMW-PE 的自润滑作用基本被消除,加之 UHMW-PE 的吸水性很低,水的润滑性能较差,磨损表面上的水膜动压润滑作用基本上不存在,结果,磨损率随负荷的增加而增大。

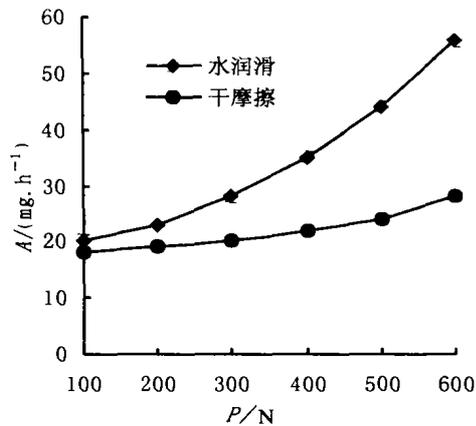


图 2 磨损率与载荷的关系

### 2) 转动速度的影响

在载荷为 300 N, 试验时间为 30 min 的情况下,摩擦系数随转动速度的变化如图 3 所示:干摩擦时,摩擦系数先随转动速度的增加而减小,然后又随转动速度的增加而增大,这是因为在较低的速度下,由于石墨的润滑作用,摩擦系数基本上不发生变化,仅稍有降低;当速度较大时,石墨润滑膜被破坏,摩擦系数随着速度的增大而呈现线性上升。水润滑时,在较低的速度下,由于水可增强石墨的润滑性能,因此摩擦系数比干摩擦时低;当速度较大时,水-石墨润滑膜被破坏,摩擦

系数与干摩擦时一样,随着速度的增大而呈现线性上升。所以,超高分子量聚乙烯塑料合金轴承不宜在高速的情况下应用。

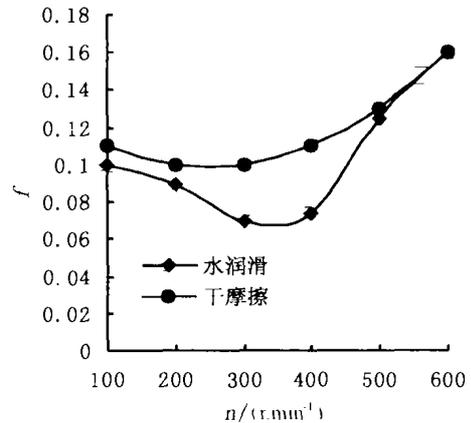


图 3 摩擦系数与转动速度的关系

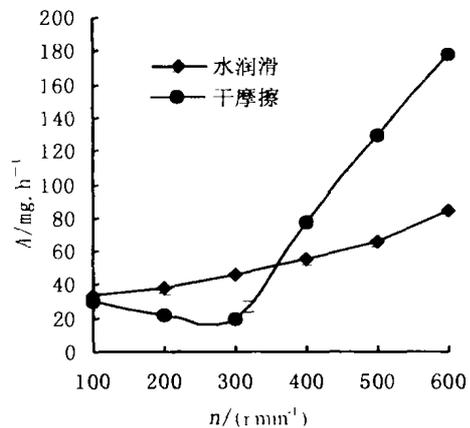


图 4 磨损率与转动速度的关系

### 3) 运行时间的影响

在载荷为 300 N, 转动速度为 300 r/min 的实验条件下,干摩擦时,运行时间对摩擦系数和磨损率的影响如图 5、图 6 所示:摩擦系数和磨损先随运行时间的增长而降低。这是由于刚启动时,系统处于边界润滑状态,因而摩擦系数较高,随着运行时间的增长,摩擦表面的石墨润滑膜逐渐形成,摩擦系数随之降低;同时,由于塑料的导热性较差,摩擦表面的温度随着运行时间的增长而升高,当温度超过超高分子量聚乙烯塑料的玻璃化温度时(如图 5 中的 60~80 min),合金表面开始变软,摩擦系数随温度的升高而变小;特别是温度很高时(如图 5 中的 80 min 以后),合金材料表层熔化会使摩擦系数变得很低,但磨损率会因表层熔化而急剧增大(如图 6 所示)。水润滑时,摩擦热很快被水带走,轴承在运行一定时间后,摩擦表面的水-石墨润滑膜完全形成,因此摩擦系数和磨损率随运行时间的增长逐渐降低,最后趋于稳定值。

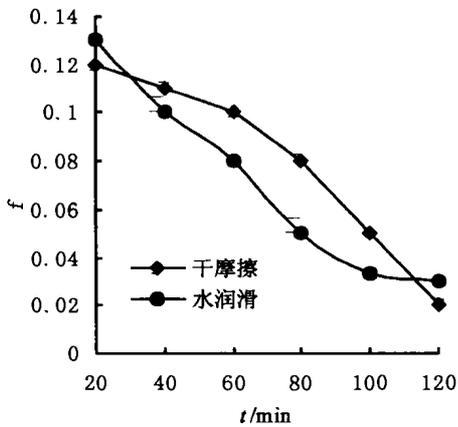


图5 摩擦系数与运行时间的关系

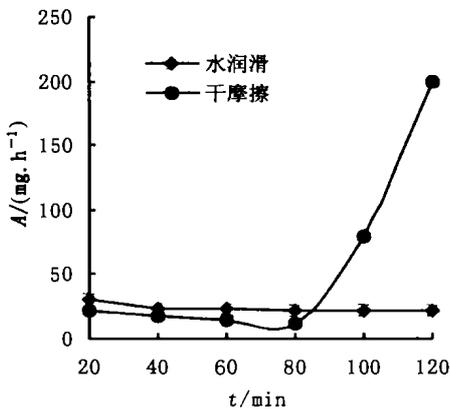


图6 磨损率与运行时间的关系

### 3 结论

1) 超高分子量聚乙烯塑料合金轴承不宜在高速的

情况下应用,同时干摩擦条件下不能长时间连续运行。

2) 同干摩擦比较,超高分子量聚乙烯塑料合金轴承水润滑时摩擦系数降低,但磨损率增大。

3) 摩擦系数先随转动速度的增加、载荷的增大而减小,然后又随速度的增加而增大,随载荷的增大而趋于稳定值;并随运行时间的增长而降低。

4) 磨损率先随滑动速度的增大、运行时间的增长而减小,然后又随滑动速度的增大而增大,随运行时间的增长而急剧上升;并随负荷的增加而只是稍有增大。

#### 参考文献:

- [1] 傅林. 超高分子量聚乙烯的现状与展望[J]. 化工技术与经济, 1999, 17(1): 14 - 16.
- [2] 尹德芸. 超高分子量聚乙烯的开发与应用[J]. 塑料, 1999, 28(14): 16 - 23.
- [3] 益民译. 国外超高分子量聚乙烯[J]. 国外塑料, 1989, 16(2): 27 - 30.
- [4] 罗凤辉. 超高分子量聚乙烯改性研究的进展[J]. 塑料开发, 1993, 21(1): 43 - 45.
- [5] 胡平. 超高分子量聚乙烯填料改性的研究[J]. 塑料, 1990, 19(4): 11 - 16.
- [6] MARCUS C A. The sliding wear of Ultra High molecular Weight Polyethylene in an aqueous environment[J]. Wear, 1994, 178: 17 - 28.
- [7] WANG A, SUN D C, STARK C, et al. Wear mechanism of UHMWPE in total joint replacement[J]. Wear, 1995, 109: 181 - 183; 241 - 249.
- [8] YU M PLESKACHEVSKY, ZUITSEV A L. Oxidation and its influence on low pressure Polyethylene wear[J]. Wear, 1995, 179: 181 - 183; 222 - 229.

## Friction and Wear Characteristics of Plastic Alloy Bearings under Different Lubricating Condition

WANG Hai-bao<sup>1</sup>, WU Guang-jie<sup>2</sup>, CHEN Zhan<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. Chongqing Three Gorges College, Wanzhou Chongqing 404000, China)

**Abstract:** Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMW - PE) is a kind of high anti - wear engineering plastic with many excellent physical and mechanical performances. It has been widely applied in the field of mechanism such as bearing and pump. Effect of load, speed, time on friction and wear properties of Ultra High Molecular Weight Polyethylene(UHMW - PE) plastic alloy bearings under different Lubricating Condition are studied by using MPV - 200 model friction and wear testing machine. The test results show that water lubrication reduces the friction coefficient of bearings but increases the wear rate as compared with dry friction. At the same time, wear mechanisms are analyzed systemically. It provides a theoretic basic for practical application of plastic alloy bearings.

**Key words:** UHMW - PE; bearings; friction; wear

(责任编辑 成孝义)