

以超声振动原理模拟滑动轴承的气蚀磨损

安 琦¹, TAYLOR C M²

(1 华东理工大学 机械学院, 上海 200237;

2 School of Mechanical Engineering, University of Leeds, LS2 9JT, U K)

摘要: 采用超声振动原理建立了滑动轴承气蚀磨损模拟试验装置, 并用该试验装置研究了滑动轴承气蚀磨损现象。通过分析比较大量实验研究结果, 发现了一些新的气蚀现象, 并对滑动轴承气蚀机理进行了分析。

关键词: 超声振动原理; 滑动轴承; 气蚀

中图分类号: TH117.2

文章标识码: A

文章编号: 1004-0595(2001)02-0232-03

气蚀是一种重要而独特的磨损形式。当流体流经金属材料表面时, 由于材料表面局部几何形状的改变而导致流体的流速和压力改变, 液体产生气泡并迅速破裂, 结果使得金属表面承受反复不断的冲击力作用, 进而发生气蚀现象。结合滑动轴承的工作原理, 滑动轴承分为正压区和负压区, 这给气蚀的发生发展提供了条件; 随着气蚀现象的发生, 轴承表面可出现点状脱落, 从而加速磨损、增加噪音和降低寿命。

由于滑动轴承的气蚀过程十分复杂, 长期以来对其气蚀产生及发展机理的研究一直受到关注^[1~3]。本文介绍在英国 Castrol 和 DANA 公司的资助下, 利用基于超声振动原理^[4~9]的滑动轴承模拟气蚀试验装置研究相关气蚀问题的结果。

1 实验部分

1.1 试验装置

图 1 所示为超声振动气蚀装置示意图, 其中振动头材料采用高强度耐磨损钛合金。其工作过程为: 由供油装置输送的具有一定压力和温度的润滑油不断流经试样表面, 并充满整个气蚀腔, 振动头以超声频率上下振动, 导致流经试样表面的润滑油内部产生超声频率变化的压力波, 进而使试样表面产生气蚀磨损破坏。该装置的基本参数为: 振动频率 20 kHz, 振动头振幅 0.2 mm, 最大输出功率 350 W, 最高温度可达 140℃。所采用的滑动轴承材料 (AS15) 试样由英国 DANA 公司提供, 其成分为 80%Al+1%Cu+19%Sn (质量分数计), 尺寸 30.0 mm × 20.0 mm ×

2.5 mm, 其上下表面均进行研磨加工, 表面粗糙度 $R_a < 0.12 \mu\text{m}$, 并保证有良好的平行度。所采用的润

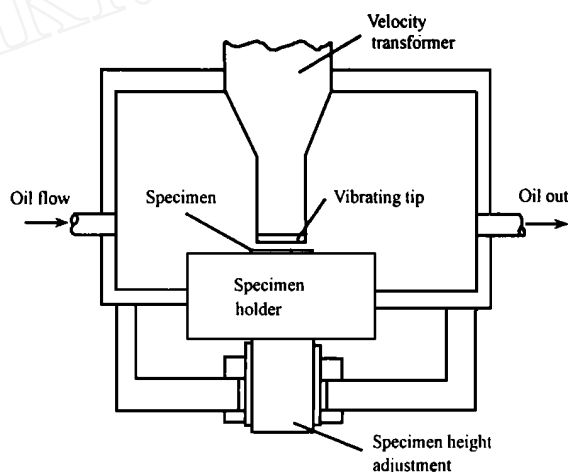


Fig 1 The cavitation erosion chamber of the device

图 1 超声振动气蚀腔原理示意图

滑油为 Castrol 公司所提供的任何添加剂的 A 3041A/030B/01 润滑油, 油膜厚度为 0.5 mm。

1.2 试验方法

选定汽车发动机滑动轴承工况为参照工况, 气蚀腔内的压力为 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 温度为 100℃。试验前用去油剂和酒精清洗试样表面, 并放入干燥箱内烘干, 然后在 20℃ 下恒温 0.5 h。用精度为 $\pm 0.001 \text{ mg}$ 的电子天平测定恒温处理后试样的质量, 然后置于气蚀腔中并固定, 均匀用力关闭气蚀腔; 调整振动头与试样之间的距离为定值, 进行 10 min 气蚀磨损试验; 取

基金项目: 回国留学人员启动科研基金资助(2000)。

收稿日期: 2000-04-20; 修改日期: 2000-12-26/联系人安琦

作者简介: 安琦, 男, 1963 年生, 博士, 副教授, 目前主要从事材料摩擦学以及机械设计等方面的教学及研究工作

出试样重复上述清洗和干燥过程之后称量测定气蚀磨损试验后试样的质量, 从而求得试样的气蚀磨损质量损失。对每个试样进行 90 min 气蚀试验, 即可得出一组随时间变化的气蚀数据。对每个试样进行 3 次重复测试, 取其平均值作为最终试验结果。

利用 UBM 型激光表面形貌仪对气蚀后的试样表面进行测试, 并用光学显微镜观察和分析试样气蚀表面形貌。

2 结果与分析

图 2 所示为气蚀发生和发展过程中试样的气蚀

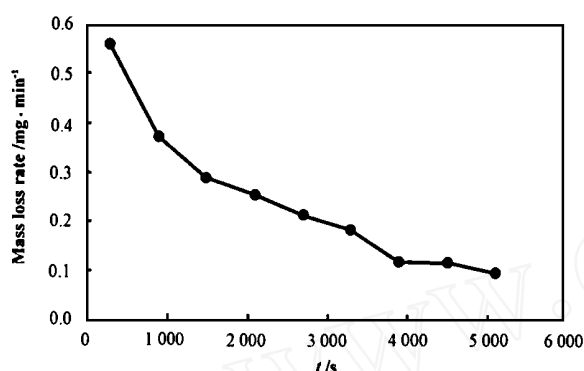


Fig 2 The variation of cavitation-erosion weight loss rate with time

图 2 气蚀速率随时间变化的关系曲线

速率随时间变化的关系曲线。图 3 示出了累积气蚀量

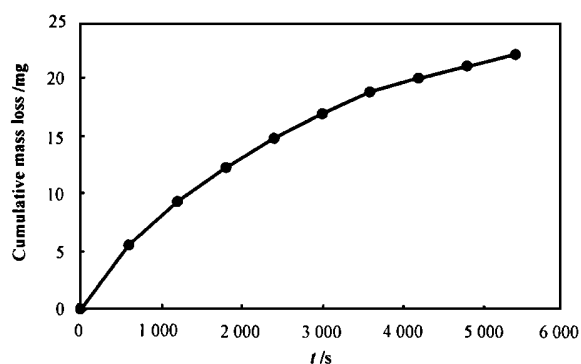


Fig 3 The relation between cumulative cavitation-erosion weight loss and time

图 3 累积气蚀磨损质量损失随时间的变化过程

随时间的变化关系。可以看出, 随着时间的增加, 气蚀速率不断下降, 累积气蚀量不断上升。造成这种现象的主要原因是由于随着时间的推移, 气蚀作用使得振动头与试样表面之间的距离不断增大。

图(4和5)示出了发生气蚀后试样的微观表面形貌, 图4为气蚀过程中蒸汽泡破裂时对试样表面冲击

所产生的气蚀坑。从图4可以看出, 坑的边缘向外翻

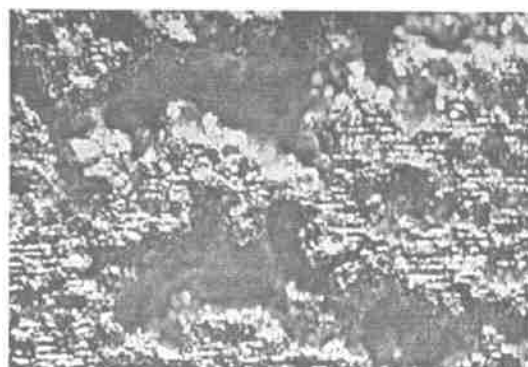


Fig 4 The micro picture of the cavitation erosion craters (70 ×)

图 4 气蚀坑微观图像(×70)

起, 这意味着气蚀破坏区部分材料发生突起。由此可以推断, 气蚀破坏过程是特殊的疲劳破坏过程, 蒸汽泡的破裂不断冲击试样表面, 产生疲劳积累, 到某一时刻材料因点状脱落而形成气蚀坑。图5是气蚀破坏

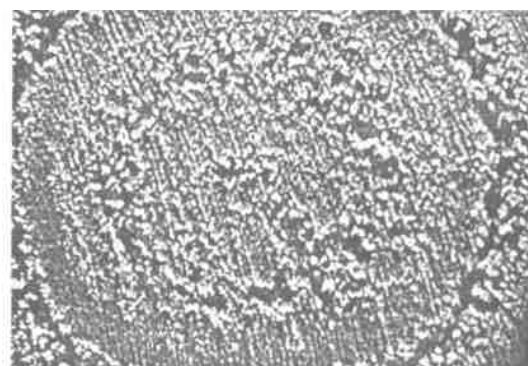


Fig 5 The micro picture of the damaged sample surface (7 ×)

图 5 气蚀破坏的试样微观表面形貌(×7)

试样的表面轮廓形貌微观照片, 可以看出其中存在3个同心环状气蚀破坏区, 这说明在振动头和试样表面之间存在环形压力波, 气蚀是由压力的变化而产生, 气蚀发生于压力升高的环形压力波处, 形成环状气蚀区域。

3 结论

a 在油膜厚度、润滑油温度以及压力等一系列因素一定的前提下, 随着时间的增加, 气蚀速率不断下降, 累积气蚀量不断上升。在同样条件下, 油膜厚度越小气蚀作用越明显。

b 在气蚀破坏过程中, 材料发生点状脱落, 形成气蚀坑并使气蚀破坏区产生材料突起。

c 气蚀是由于润滑油中压力的变化而产生, 气

蚀发生于压力升高区域的压力波处,形成条带或环状气蚀区域

参考文献:

- [1] Dowson D, Taylor C M. Cavitation in journal bearings[J]. Ann Rev Fluid Mech, 1979, 11: 35-66
- [2] Braun M J, Hendricks R C. Experimental investigation of the vapours/gaseous cavity characteristics of an eccentric journal bearing[J]. ASLE TRANS, 1984, 27 (1): 1-14
- [3] Yano H, Yabumoto J. The behavior of entrained gas bubbles in engine oil and the development of effective gas-oil separators [M]. Name of place: Mitsubishi Oil Co Ltd, 1998
- [4] Ahmed S, Hokkirigawa K, Oba R, *et al*. Developing stages of ultrasonically produced cavitation erosion and corresponding surface roughness[J]. JSME INT J, 1990, 33 (1): 11-16
- [5] Ahmed S, Hokkirigawa K, Oba R, *et al*. Developing stages of ultrasonically produced cavitation erosion and corresponding surface roughness[J]. Trans Japan Soc Mech Eng, 1989, 55 (511): 572-578
- [6] Zhou Y K, Wang X S, Hammitt F G. Vibratory cavitation tests at elevated temperature[J]. Wear, 1983, 85(3): 319-329
- [7] Takahashi N, Kuginiya T, Seki T, *et al*. Application of ultrasonic cavitation to metal working and surface treatment of mild steel[J]. TRANS JAPAN SOC MECH ENG (SER. A), 1987, 53 (485): 46-54
- [8] Kikuchi K, Hammitt F G. Effect of separation distance on cavitation erosion of vibratory and stationary specimens in a vibratory facility[J]. Wear, 1985, 102(3): 211-226
- [9] Dunning SW. A study of cavitation erosion under conditions of hydrodynamic lubrication[D]. Leeds: Leeds University, 1980

An Experimental Study on the Cavitation-erosion Behavior of Journal Bearings

AN Qi¹, TAYLOR CM²

(1. Department of Mechanical Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

2. The School of Mechanical Engineering, The University of Leeds, LS2 9JT, UK)

Abstract: An experimental device for evaluating the cavitation-erosion behavior of journal bearings was established based on the principle of ultrasonic vibration. The cavitation-erosion behavior of a journal bearing was experimentally investigated with the device. Some new phenomena of cavitation-erosion were observed, while the cavitation-erosion mechanisms of the journal bearing was discussed and analyzed, by summarizing many experimental phenomena and results.

Key words: ultrasonic vibration principle; journal bearing; cavitation erosion