

磁头磁盘界面碰撞声发射信号特性研究*

林晶 孟永钢

(清华大学摩擦学国家重点实验室 北京 100084)

摘要: 实验研究了不同磁头飞行状态下磁头磁盘界面声发射信号的特性,分析了各种情况下的声发射信号的频率特性,利用磁头悬臂振动时产生的声发射信号作为对比,验证了磁头悬臂振动产生的声发射信号与磁头磁盘碰撞接触紧密相关,是磁头磁盘碰撞声发射信号的重要来源,可以作为判断头盘界面接触和碰撞的依据,利用它可以提高声发射信号对磁头磁盘界面碰撞接触检测的灵敏度。

关键词: 声发射;磁头;磁盘;碰撞接触

中图分类号: TH117.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-0150(2009)4-010-4

Study on the Characteristics of Acoustic Emission Signals of Slider-disk Contact

Lin Jing Meng Yonggang

(State Key Laboratory of Tribology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The characteristics of the acoustic emission (AE) signals of slider-disk interface under different conditions of slider flying were investigated. The frequency components of the AE signals were analyzed. The AE signals generated only by the vibration of the slider suspension was compared with the AE signals detected under contact, showing that the AE signal generated by the slider suspension vibration is closely related to the contacts between slider and disk, which is an important source of AE signals during the contacting between the slider and disk. The AE signal generated by the slider suspension vibration can be used to detect the contact between the slider and disk, so that to improve the detecting sensitivity.

Keywords: acoustic emission; slider; disk; contact

随着磁盘存储密度的不断增加,磁头的飞高预计将低于5 nm,在这种准接触状态下,磁头磁盘极易发生碰撞和摩擦,严重的碰撞和摩擦势必会造成磁头磁盘的损坏。因此准确灵敏地探测磁头磁盘界面的碰撞和接触是磁头磁盘界面摩擦学的重要研究内容之一。

声发射技术已广泛应用于各种摩擦检测中^[1],也是目前检测磁头磁盘界面碰撞和接触的主要手段^[2-4]。文献[5]最早提出了利用声发射信号进行磁头磁盘界面的碰撞检测。文献[6]利用声发射信号作为判断碰撞力大小的依据,取得了一定的成果。但由于声发射现象的复杂性,声发射信号与磁头磁盘界面碰撞程度间的定量关系尚未确立,目前仍以定性分析为主。

一般认为,磁头磁盘界面发生碰撞接触时,会引起磁头的振动,因此会把磁头自身的固有频率作为判

断是否发生碰撞的依据^[7-8]。对于目前商品硬盘中较多采用的PICO型磁头来说,其一阶固有频率约为1.2 MHz,处于高频区。另一方面,由于声发射信号在传播过程中会发生衰减,高频信号的衰减很快,特别是对于较轻微的碰撞,所激发出的声发射信号中具有磁头固有频率的分量很弱。因此如果滤掉低频分量,只将声发射信号中含有的磁头固有频率信号作为判断碰撞的依据,在一些条件下会降低检测灵敏度,甚至造成误判。

本文作者对磁头磁盘界面碰撞时的声发射信号进行了测量,对其频域特性进行了分析,提出了新的磁头磁盘碰撞的声发射判断条件,能够提高磁头磁盘界面碰撞检测的灵敏度。

1 实验过程及结果

1.1 实验设备

磁头磁盘碰撞实验在自行研制的磁头飞高综合实验台上进行。该飞高综合实验台的原理示意图和实物图分别如图1、2所示。利用变频器对电机的转速进行控制,可以模拟硬盘的不同工作转速。采用静压气浮轴承保证主轴在高转速下能够平稳运转。实验所用磁头及悬臂为普通商用磁头,磁盘采用真实磁盘。磁

* 基金项目: 973 计划项目 (2003 CB716205); 国家自然科学基金项目 (50525515、50721004)。

收稿日期: 2008-11-17

联系人: 林晶, E-mail: linjing05@mails.tsinghua.edu.cn

头悬臂安装在三维平移工作台的支架末端，声发射传感器安装在支架的中部，用来检测磁头磁盘在碰撞接触时产生的声发射信号。声发射传感器的信号经过信号放大器放大后，通过数据采集卡采入计算机进行处理。

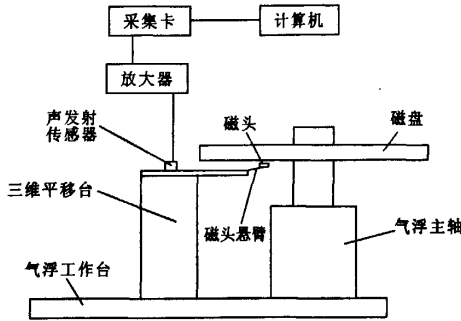


图1 实验台原理示意图

Fig 1 Schematic of experimental setup

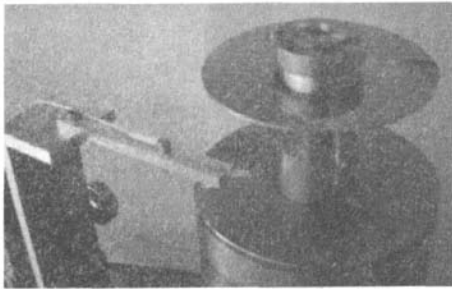


图2 实验台实物图

Fig 2 Picture of experimental setup

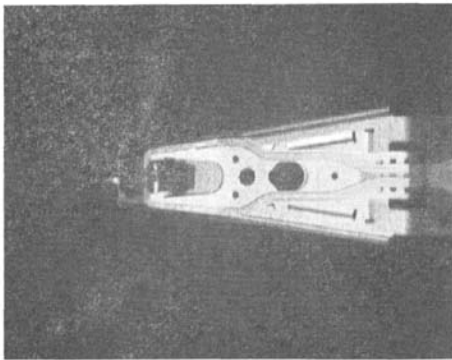


图3 磁头及磁头悬臂图

Fig 3 Picture of slider and suspension

实验所用的声发射传感器为美国物理声学公司的PICO-HF1.2型宽频传感器，其灵敏度范围为200 kHz ~ 2 MHz，前置放大器内置的滤波模块为20 kHz高通滤波。数据采集卡为研华公司的PCI-1714采集卡，其最高采样频率为10 MHz。实验中使用的商用磁头如图3所示，为PICO型磁头。

1.2 实验过程简介

为了观测磁头磁盘的碰撞接触，首先将磁盘转速加速到3 600 r/min，采集背景噪声信号。其次将磁头加载到高速旋转的磁盘上，保证磁头平稳地飞行，采集稳定飞行时的声发射信号。然后将数据采集方式改为触发采集模式，逐步降低磁盘的转速，直到磁头磁盘发生碰撞，当磁头磁盘发生接触碰撞时，声发射信号随之发生变化，数据采集系统将自动采集并存储声发射信号。数据采集的采样频率设为5 MHz。

2 实验结果

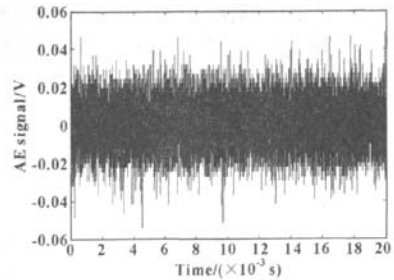


图4 噪声信号

Fig 4 Noise signal

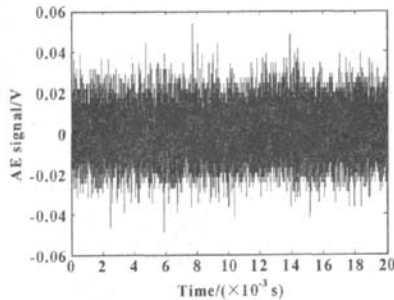


图5 磁头稳定飞行时的声发射信号

Fig 5 Acoustic signal of slider stable flying

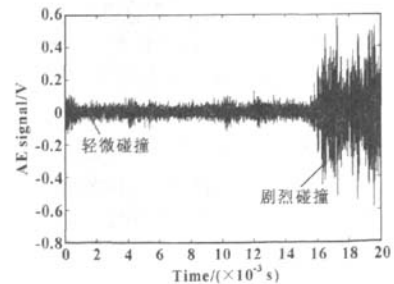


图6 磁头磁盘发生碰撞时的声发射信号

Fig 6 Acoustic signal of slider contact with disk

图4为实验中采集到的一组背景噪声信号，图5为磁头稳定飞行时采集的声发射信号，从图中可以看出其幅值变化范围与背景噪声信号基本相同，说明磁

头稳定飞行时的声发射信号中只有背景噪声信号。

图 6 为当磁盘转速降低到 600 r/min、磁头磁盘发生碰撞接触时采集到的声发射信号。从图中可以看出,刚开始时是一些轻微的碰撞和接触,到后来磁头与磁盘间发生了较为剧烈的碰撞和接触。

3 分析与讨论

为了对声发射信号的来源和特性进行分析,分别对上述各种情况下的声发射信号进行了频谱分析,以便判断磁头磁盘界面不同状况下声发射信号的区别。由于声发射信号的复杂性,为了更清楚地进行比较分析,频谱分析采用了加权交叠平均法,即 Welch 法。

图 7 为 3 种不同磁头飞行状况下的声发射信号的功率谱密度图。

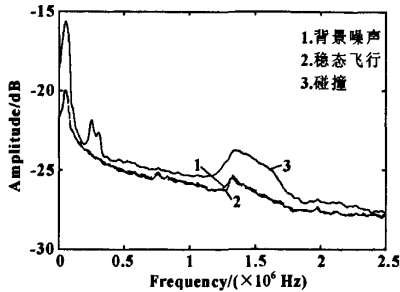


图 7 不同状态下声发射信号的频谱图

Fig 7 Spectrum of acoustic signals with different status

图中曲线 3 为磁头磁盘碰撞时的声发射信号频谱图,曲线 1 和 2 分别是背景噪声和磁头稳态飞行时的频谱图。比较图中 3 条曲线可以看出,稳态飞行时的声发射信号与背景噪声信号在频率成分上是相同的,而且幅度也基本一致,说明在磁头稳定飞行时,磁头和磁盘没有任何碰撞接触,也没有特征声发射信号产生。当发生碰撞时,在频谱图中 200 ~ 350 kHz 频段功率谱密度发生了明显的变化,在其它频率位置功率谱密度只是幅值变大,没有新的频率成分出现。这说明,碰撞时有 200 ~ 350 kHz 频率段的声发射信号产生,而在没有碰撞接触时(稳定飞行时)则不会出现这一频段的声发射信号。

一般认为,磁头磁盘界面碰撞接触时的声发射信号与磁头本身的振动以及磁头磁盘间形成的空气轴承有关。但是这种认识忽略了一个因素,即磁头悬臂的振动。

由于磁头安装在磁头悬臂的末端,在磁头碰撞和接触过程中,都有磁头悬臂的参与,因此,磁头悬臂也应该是声发射信号的重要来源之一。由于磁头悬臂的刚度相对较低,它产生的声发射信号的频率也相对较低,传播过程中衰减相对较小,因此更容易被声发射传感器捕获。

为了验证这一假设,作者做了一个对照实验。实验方案如下:将磁头和磁头悬臂远离磁盘,激励磁头悬臂,使其产生振动,测量由此产生的声发射信号。实验中采用脉冲气流作为激励源,使磁头悬臂发生振动,此时所产生的声发射信号只与磁头悬臂的振动有关,而与磁头本身的振动以及磁头磁盘界面的空气轴承无关。

图 8 为磁头悬臂振动时的声发射信号时域图。图 9 为其频谱图。

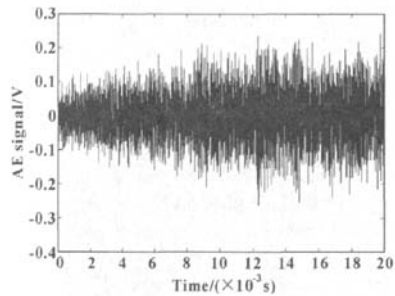


图 8 磁头悬臂振动时的声发射信号

Fig 8 Acoustic signal of suspension vibration

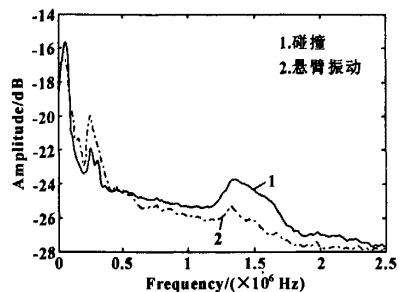


图 9 声发射信号频谱图

Fig 9 Spectrum of acoustic signal

图中曲线 2 为悬臂振动时的频谱图,曲线 1 为磁头磁盘碰撞接触时的频谱图。从图中可以看出,磁头悬臂振动时,其频率成分与磁头磁盘碰撞时的频率成分基本相同,都在 200 ~ 350 kHz 区间内产生了明显的变化,这说明碰撞时在这一频段的声发射信号是由于磁头磁盘碰撞和接触时造成磁头悬臂振动而产生的声发射信号,从而验证了前述假设的正确性。

以上实验说明,在磁头与磁盘发生接触碰撞时,会引起磁头悬臂的振动,产生频率相对较低的声发射信号。而在磁头稳态飞行时,磁头悬臂不发生振动,因此,频谱中也没有与其相关的声发射信号。因此,利用声发射信号进行磁头磁盘接触和碰撞判断时,不应该只将磁头本身振动的高频信号作为唯一的判断依据,而将一些低频段的信号滤掉。从实验结果可以看

出,磁头悬臂振动产生的声发射信号与磁头磁盘的碰撞接触紧密相关,完全可以用作磁头磁盘界面碰撞接触的判断依据。由于磁头悬臂振动的频率相对较低,传递过程中衰减相对较小,因此有着更好的灵敏度。

由此可见,利用声发射传感器进行磁头磁盘界面碰撞接触检测时,滤波器的高通频率不宜设置得过高,以免将与磁头悬臂振动相关的频率成分滤掉,而降低了检测的灵敏度,滤波的大小可以根据不同磁头悬臂的声发射敏感频率来确定。

4 结论

实验研究了不同磁头飞行状态下磁头磁盘界面的声发射信号的特性,对其频域特性进行了比较研究,此外,分析了磁头悬臂独立受迫振动时产生的声发射信号,通过比较分析发现,磁头磁盘界面的声发射信号与磁头悬臂的振动紧密相关,利用磁头悬臂低频段的声发射信号可以作为磁头磁盘是否发生碰撞的判断依据。声发射检测时滤波器的高通频率不宜过低,以免降低检测的灵敏度。

参考文献

- [1] 张守茁,席镇,高宏,等.金属材料类别对动态摩擦声发射参数影响的实验研究[J].润滑与密封,2008,33(8):20-26.
Zhang Shouzhuo, Xi Zhen, Gao Hong, et al. The Study on the Influence of Metal Material's Type to the Signal of the Acoustic Emission in the Dynamic Friction [J]. Lubrication Engineering, 2008, 33 (8): 20-26.
- [2] Gang Sheng, Qisuo Chen, Wei Hua, et al. An Experimental Study of Dimple Separations and Head-Disk Impacts of Negative Pressure Slider in Unload Process [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2001, 37 (4): 1859-1862.
- [3] Stefan Weissner, Frank E Talke. Load/unload measurements using laser doppler vibrometry and acoustic emission [J]. Tribology International, 2000, 33: 367-372.
- [4] Antanas Daugela, Subra Nagarajan, Zine E Boutaghou. Ultra sensitive *in-situ* acoustic characterization system for HDD head disc interface defectoscopy [J]. Microsyst Technol, 2007, 13: 1185-1191.
- [5] T Kita, K Kogure, Y Mitsuya, et al. New Method of Detecting Contact between Floating-head and Disk [J]. Transactions on Magnetics, 1980, 16 (5): 873-875.
- [6] Bernhard Knigge, Frank E Talke. Contact force measurement using acoustic emission analysis and system identification methods [J]. Tribology International, 2000, 33: 639-646.
- [7] Koo-Hyun Chunga, Jin-Kyu Oha, Jae-Taek Moonb, et al. Particle monitoring method using acoustic emission signal for analysis of slider/disk/particle interaction [J]. Tribology International, 2004, 37: 849-857.
- [8] Hidekazu Kohira, Hideaki Tanaka, Masaaki Matsumoto, et al. Investigation of Slider Vibrations Due to Contact with a Smooth Disk Surface [J]. ASME Journal of Tribology, 2001, 123: 616-623.

新型超高载荷容量轴承研制成功

轴承密封件是轴承在恶劣环境中正常运转的关键部件,它起到保护轴承免受侵蚀和污染,使轴承在良好的清洁润滑工况下工作,从而延长使用寿命。一般而言,轴承的密封件比防尘盖作用更大、并受到转动灵活和较低速转动的限制。设计者在选择密封件时,必须考虑润滑剂的性能及输送系统和轴承的工作条件。

针对轧辊轴承在使用中要经受高载荷、极强冲击力、以及水和锈屑侵入,NSK公司研制出一种新型超高载荷容量轧辊轴承。该轴承可增加34%的载荷容量,具有更高可靠性,可在恶劣润滑条件下长时间工作。

在普通的密封轧辊轴承中,主密封件和宽度限制了滚子的长度,即限制了轴承的载荷能力。因此,NSK公司在新型轧辊轴承设计中,将保持架档边包含在密封件空隙内,可使滚子更长,这样可使保持架直径增加且滚子加长,而保持架长度不增加,达到增高34%的基本额定载荷容量,相当于延长27倍轴承寿命。该轴承选用的优质“T-F”轴承钢,也是改进轴承性能的关键,因为材料中的杂质和润滑不均匀是引起轴承过早失效的主要原因。

经验表明,在污染的工作条件下,轴承内易进入碎屑,

而这些碎屑粒会损坏滚道,造成应力集中。此外,如果润滑不均匀,使金属表面硬性接触,造成微小“脱皮”损坏,也会导致接触区域应力集中,这两种结果致使应力集中部位的金属表面产生微裂,并最终缩短轴承寿命。

NSK公司研究表明,通过改变轴承钢的组织,可改进轴承在杂质污染条件下,或边缘润滑状况下的工作寿命,提高其在边缘上释放集中应力的能力。

然而最好的实用防护措施是,当杂质一出现时,就阻止它。NSK公司的新型孔式密封件既能抑制在轴承内形成负压,防止进水,使主密封件不直接暴露于水中,又能起到把杂质阻隔在凹槽处的功能。普通的密封件在旋转和静止状态是以线性接触,保持高强的紧密密封性能,而这种密封件工作时,以面接触代替线性接触,从而适应轴承旋转中的密封要求,既紧密密封,又不产生大的负压。

为了证实其实效,NSK公司进行了模拟试验。在试验中,轴承的工作转速范围从100 r/min增至700 r/min,且不断施加294 kN的径向载荷,同时以大约100 L/min的水喷淋。一般的孔型密封件在这期间负压增加,而新型的孔式密封件能有效抑制着负压。

磁头磁盘界面碰撞声发射信号特性研究

作者: [林晶](#), [孟永钢](#), [Lin Jing](#), [Meng Yonggang](#)
作者单位: [清华大学摩擦学国家重点实验室, 北京, 100084](#)
刊名: [润滑与密封](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [LUBRICATION ENGINEERING](#)
年, 卷(期): 2009, 34(4)
引用次数: 0次

参考文献(8条)

1. [张守苗, 席镇, 高宏](#) [金属材料类别对动态摩擦声发射参数影响的实验研究](#) [期刊论文]-[润滑与密封](#) 2008 (08)
2. [Gang Sheng, Qisuo Chen, Wei Hua](#) [An Experimental Study of Dimple Separations and Head-Disk Impacts of Negative Pressure Slider in Unload Process](#) 2001 (04)
3. [Stefan Weissner, Frank E Talke](#) [Load/unload measurements using laser doppler vibrometry and acoustic emission](#) 2000
4. [Antanas Daugela, Subra Nagarajan, Zine E Boutaghou](#) [Ultra sensitive in-situ acoustic characterization system for HDD head disc interface defectoscopy](#) 2007
5. [T Kita, K Kogure, Y Mitsuya](#) [New Metod of Detecting Contact between Floating-head and Disk](#) 1980 (05)
6. [Bernhard Knigge, Frank E Talke](#) [Contact force measurement using acoustic emission analysis and system identification methods](#) 2000
7. [Koo-Hyun Chunga, Jin-Kyu Oha, Jae-Taek Moonb](#) [Particle monitoring method using acoustic emission signal for analysis of slider/disk/particle interaction](#) 2004
8. [Hidekazu Kohira, Hideaki Tanaka, Masaaki Matsumoto](#) [Investigation of Slider Vibrations Due to Contact with a Smooth Disk Surface](#) 2001

相似文献(0条)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_rhymf200904003.aspx

下载时间: 2010年6月2日