

基于COMSOL的 E-SHM 系统齿轮的负压波损伤监测

王佳琪¹

¹上海交通大学

Abstract

将结构健康监测 (SHM) 应用于机器结构故障检测是近些年发展的新方法, 其优点是可以在线监控结构的"健康"状况。本文提出并研究了一种内嵌微管的高效结构健康监测 (e-SHM) 系统。结合快速成型技术, 将微管嵌入结构内部, 当对微管施加一定压力 (真空或过压) 时, 闭合微管中的压力变化将变得极其敏感。当结构裂纹扩展到微管时, 该处因压差瞬间产生压力变化, 进而通过微管传播, 最终信号被设置的压力传感器接收。通过实时监测微管的压力变化, 便可实现结构裂纹的实时检测。本文的主要工作包括两个方面: (1) 压力泄漏与负压波传播模型的设计与仿真。基于负压波的 e-SHM 系统齿轮的损伤监测的理论推导, 包括负压波的产生原理和负压波在微管中的传播过程。建立了直管泄漏的负压波仿真模型, 并在 MATLAB 环境下编程实现。基于传感压力二维曲线图分析了仿真结果的识别精度等级, 验证了基于负压波的 e-SHM 系统的损伤监测的可行性。(2) e-SHM 系统齿轮模型的设计与仿真。针对齿轮的对称形式及其易齿根易产生疲劳裂纹的特点, e-SHM 齿轮模型的设计采用环状插管形式。利用 COMSOL 对齿轮微管模型进行气体动力学的有限元仿真, 以证明其可行性。类比直管泄漏的负压波仿真模型, 并在 MATLAB 环境下编程实现环管泄漏模型。基于压力轮图分析仿真结果识别精度等级, 证明了基于负压波的 e-SHM 系统的齿轮损伤监测的可行性。相较于传统的 SHM 系统, 本文提出的系统不仅可以减少对早期故障发生误判漏判的可能性。此外, 内嵌传感结构减少传感器布置数量, 可以大大降低系统维护成本和安装成本。

Reference

Hinderdael "et. al.", Michaël and Baere, Dieter De and Strantz, Maria and Guillaume, Patrick.

Negative Pressure Waves analysis for crack localization and crack size estimation for 3D printed SHM system. [C]. ASME 2015 Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems, 2015(2) : 2132 – 2139.

Strantz"et. al.", Maria and Aggelis, Dimitrios G. and Baere, Dieter De and Guillaume, Patrick

and Hemelrijck, Danny Van. Evaluation of SHM System Produced by Additive Manufacturing via Acoustic Emission and Other NDT Methods [J]. Sensors, 2014(10) : 26709 –26725.

Hinderdael "et. al.", Michaël and Baere, Dieter De and Guillaume, Patrick. Proof of Concept of

Crack Localization Using Negative Pressure Waves in Closed Tubes for Later Application in Effective SHM System for Additive Manufactured Components [J]. Applied Sciences, 2016(2).

Figures used in the abstract

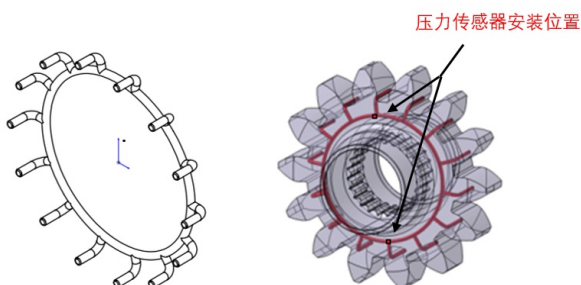


Figure 1: 内嵌微管 e-SHM 齿轮模型

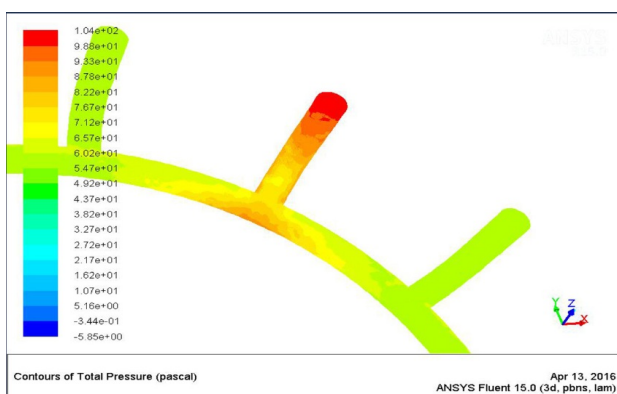


Figure 2: E-SHM齿轮ANSYS仿真

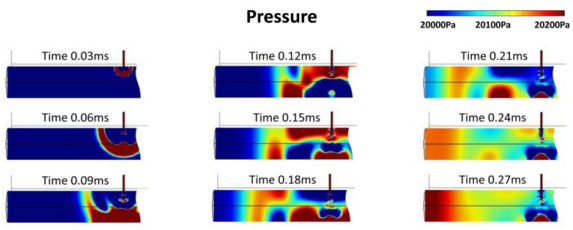
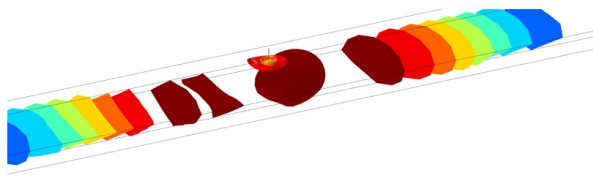


Figure 3: COMSOL 伤口泄漏随时间变化过程仿真

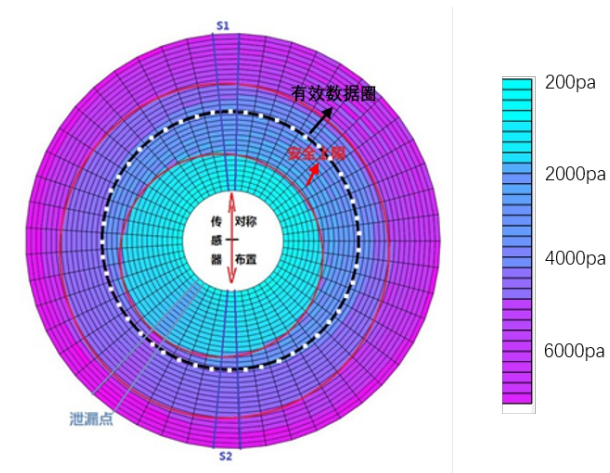


Figure 4: 环管压力轮图分析