

文章编号:1671-1513(2011)01-0059-04

# 食品机械中自修复材料齿轮应用及噪声影响

肖 君, 张 力, 陈 浩

(北京工商大学材料与机械工程学院, 北京 100048)

**摘 要:**介绍了复合材料的自修复技术及微胶囊自修复原理,提出在食品机械中采用加入微胶囊自修复材料的复合材料齿轮,实现食品机械减重、降噪。通过对新型齿轮复合材料试件摩擦过程中不同温度下的噪声数据分析和对比,探讨了自修复微胶囊对复合材料齿轮振动噪声性能的影响。实验结果表明,自修复微胶囊降低了齿轮的摩擦噪声。

**关键词:**食品机械;自修复;齿轮;噪声

**中图分类号:**TS203

**文献标志码:**A

齿轮传动是传递动力和运动的主要方式,传统食品机械通常采用金属齿轮传动,存在着质量重、噪声大的缺点。随着复合材料的飞速发展,新型复合材料齿轮已开始食品、纺织机械中推广应用,如何提高复合材料齿轮性能成为近年齿轮研究的热门课题。

## 1 自修复技术概述

### 1.1 自修复复合材料

随着科学技术的不断进步,复合材料作为一种新材料得到了迅猛发展。复合材料有较高的比强度和比模量、各向异性和可设计性、良好的抗疲劳特性,以及传动噪声低、吸振、可开模加工,生产效率高等诸多优点<sup>[1]</sup>。但是,复合材料存在着初始缺陷或裂纹,这种微裂纹的出现和扩展将引起材料整体性能下降,导致构件过早失效,最终导致材料破坏。因此,需要对复合材料加以进一步的研究。

所谓自修复是指材料一旦产生缺陷,在无外界作用的情况下材料本身具有自我恢复的能力。自修复的核心是能量补给和物质补给<sup>[2]</sup>。随着聚合物材料的广泛应用,具有自修复性能的聚合物材料越来越受到重视。它模仿生物组织受伤后的再生、恢复机理,采用粘接材料和基体相复合的方法,对材料的损伤破坏进行自修复,恢复材料原有的性能,从而消

除隐患,增强材料的机械强度,延长使用寿命<sup>[3]</sup>。

### 1.2 微胶囊自修复技术

微胶囊自修复技术的自修复过程是利用含有愈合剂(或修复剂)的微胶囊与聚合物基复合材料中具有催化活性的化学物质催化反应完成<sup>[4]</sup>。当聚合物基复合材料受到损伤时,利用胶囊的自感知以及裂纹尖端的应力集中作激励,使微胶囊破裂,通过毛细管作用将修补剂释放至受损区域,当修补剂与预先埋置在基体中的催化剂接触时发生聚合反应,粘接裂纹表面从而修复受损区域。这样可以有效阻止微裂纹的继续扩展,大大提高了复合材料的使用寿命,降低了维修与维护成本<sup>[5]</sup>,如图 1。

### 1.3 自修复材料在齿轮中的应用

齿轮是食品机械设备的主要零件之一,齿轮失效也是引起机械设备故障的重要原因之一。近年来,用碳纤维、玻璃纤维等增强聚合物基复合材料制成的齿轮,已进入了工业化应用阶段,复合材料齿轮已在食品、纺织、化工和印刷机械设备等领域应用<sup>[6-7]</sup>。

### 1.4 自修复材料的噪声影响

任何一个机械结构受到激励或干扰都会有振动和噪声。各类机械设备的噪声发射已列入重要产品质量评价指标。复合材料的出现使人们对材料和结构的固有特性有了新的认识,不仅考虑重量和空间

收稿日期:2011-01-10

基金项目:北京市属高等学校人才强教计划资助项目(PHR201106110)。

作者简介:肖 君,女,硕士研究生,研究方向为机械设计及理论;

张 力,女,教授,博士,主要从事复合材料力学方面的研究。通讯作者。

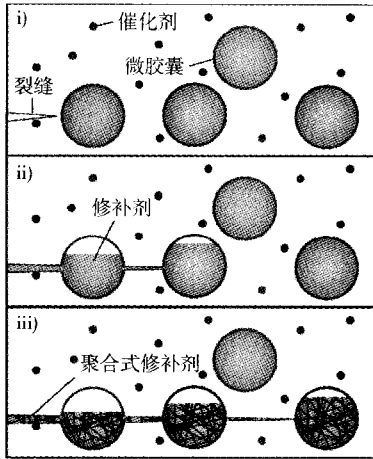


图1 复合材料自修复示意

Fig.1 Schematic diagram of composite self-repair

的限制,同时考虑复合材料的声学性能<sup>[8]</sup>.

本项目借鉴目前已广泛用于医药、印刷、化妆品等行业的微胶囊新技术,采用项目负责人所参加的国家自然科学基金项目的部分研究成果,在复合材料齿轮中构建一种新型自修复系统,根据微胶囊自修复机理,将自修复微胶囊加入到聚合物基复合材料齿轮中,从而避免复合材料齿轮因出现疲劳点蚀裂纹和烧伤而失效,以实现食品机械中齿轮自修复、减震降噪和延长使用寿命的目的.

## 2 自修复复合材料齿轮摩擦噪声实验

本文以自行研制的新型齿轮复合材料配方为研究对象,分别提取了两组材料摩擦过程中不同温度(温度指工件自身温度,下同)下的振动与噪声的相关数据,并对其进行分析和对比,探讨了自修复微胶囊对复合材料齿轮振动噪声性能的影响.

### 2.1 实验设备

实验所用的仪器设备见表1.

表1 实验使用的设备  
Tab.1 Test equipment

名称	型号	作用
定速摩擦试验机	XL112	生成噪声信号
测试传声器	INV9205	提取信号
智能信号采集处理分析仪	INV306U	信号采集与AD转换
声校准器	HS6020	用于校准测试传声器
预装DASP的计算机	DASP 2006	对采集获得的噪声信号进行分析和处理
三脚架	—	固定测试传声器

### 2.2 实验方法与原理

将两种不同配方的复合材料齿轮试验样块装卡于定速摩擦试验机中,利用测试传声器获取摩擦试验35,40,45,50℃4种温度下的噪声信号,并将信号导入装有声学分析软件的计算机中,利用软件对噪声信号进行分析和处理,从而寻求自修复微胶囊对复合材料齿轮振动噪声性能的影响的一般规律.

### 2.3 实验过程

- 1)设备连接.
- 2)校准测试传声器.
- 3)启动定速摩擦试验机进行摩擦实验(见图2).



图2 实验现场

Fig.2 Experimental site

- 4)获取数据(分别在35,40,45,50℃的温度下,采集两种不同配方试验样块的噪声信号),见表2.

### 2.4 数据分析

#### 2.4.1 频谱分析

根据表2,绘制未加胶囊及加入微胶囊配方的试验样块在不同温度的频谱图,该频谱图反映了噪声在不同频率的声压级的大小,即不同频率的噪声能量的大小,如图3和图4.

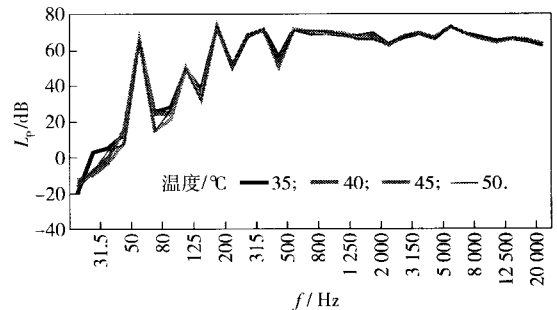


图3 未加微胶囊不同温度下的频谱图

Fig.3 Microcapsules did not increase spectrum at different temperatures

表 2 不同温度下频带声压级

Tab.2 Band sound pressure level at different temperatures

dB

频率/ Hz	35 °C		40 °C		45 °C		50 °C	
	未加微胶囊	加入微胶囊	未加微胶囊	加入微胶囊	未加微胶囊	加入微胶囊	未加微胶囊	加入微胶囊
20	-20.06	-9.548	-16	-17.61	-12.19	-12.91	-13.61	-18.76
31.5	5.3827	1.3264	0.3289	-2.498	-2.656	1.258	4.4481	3.8242
50	65.197	60.595	65.375	60.743	65.535	60.813	65.499	60.894
80	27.73	22.773	24.784	13.253	21.115	20.611	26.795	22.36
125	37.553	32.467	35.805	21.948	32.423	29.565	31.642	29.231
200	50.757	46.227	51.008	44.521	51.45	45.098	51.877	45.295
315	71.279	66.093	71.162	65.837	71.769	65.252	71.645	65.252
800	69.497	62.686	70.389	62.427	69.681	64.368	70.335	63.895
1 250	67.657	62.69	66.095	62.768	67.135	61.859	66.168	62.861
2 000	62.818	62.326	62.775	62.424	62.229	60.997	63.922	62.356
3 150	68.896	61.331	69.314	61.131	69.139	60.182	69.265	61.102
5 000	72.651	70.609	72.696	70.961	73.087	70.895	73.065	71
8 000	66.73	63.672	66.018	63.038	66.374	62.589	66.695	63.202
12 500	66.24	65.219	66.284	65.223	66.455	65.367	66.52	65.225
20 000	62.22	60.889	62.604	61.119	62.819	61.098	62.68	61.098
A	81.91	78.06	81.96	78.33	82.2	78.21	82.23	78.47
L	96.76	92.16	96.94	92.3	97.1	92.38	97.15	92.45

注：表中 A 为 A 计权，L 为 L 计权。

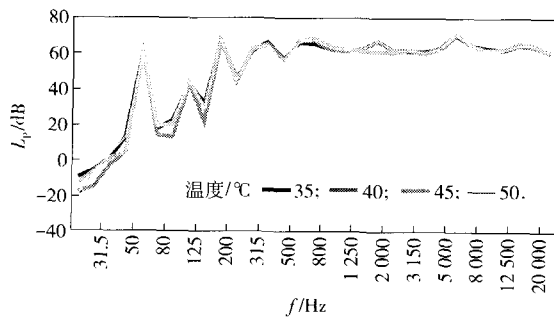


图 4 加微胶囊不同温度下的频谱图

Fig.4 Add micro-capsules of spectrum at different temperatures

通过对比图 3 和图 4 可以看出：

- 1) 两种配方摩擦噪声的声压级在 50 Hz 时都有较强变化，在 500 Hz 以后声压级基本变化不大。
- 2) 在相同温度相同频率下，加入微胶囊的声压级普遍要比未加微胶囊的小，即加入自修复微胶囊降低了齿轮的摩擦噪声。

#### 2.4.2 声压级分析

调查表明，评价由宽频率范围噪声引起的烦恼和所造成的听觉危害程度与 A 计权测量声级有良好的相关性，因此测量一般噪声时，多采用 A 计权。根据表 2 绘制两种配方材料不同温度下的 A 计权

比较图，如图 5。

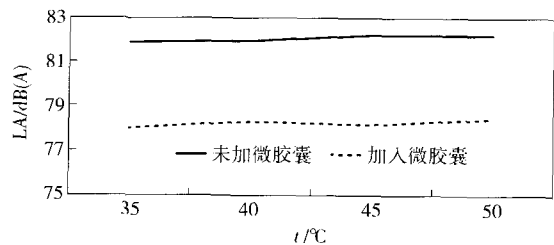


图 5 不同温度下 A 计权

Fig.5 A weighting of different temperatures

可以看出：

- 1) 声压级 (A 计权) 随着温度的变化略有升高，但温度对两组配方噪声的声压级的影响幅度都很小。
- 2) 加入微胶囊的材料振动噪声在各温度下都比未加入微胶囊材料的振动噪声要小。

### 3 结 论

通过频谱分析及声压级分析，总结得出：

- 1) 两种配方摩擦噪声的声压级在 500 Hz 以后声压级基本变化不大。
- 2) 声压级 (A 计权) 随着温度的变化略有升高，

但温度对两组配方噪声的声压级的影响幅度都很小。

3) 相同温度相同频率下, 加入微胶囊的材料普遍比未加微胶囊的材料声压级小; 在各温度下, 加入微胶囊的材料振动噪声也都比未加入微胶囊的材料振动噪声要小。即加入自修复微胶囊降低了齿轮的摩擦噪声。

实验证明了自修复微胶囊能够提高复合材料齿轮的降噪性能。由于实验需要完善, 因此今后还应该进行研究分析, 进一步探讨微胶囊自修复技术在食品机械齿轮应用中的发展。

#### 参考文献:

- [1] 纪晓钢. 自修复技术对复合材料齿轮性能影响的研究[D]. 北京: 北京工商大学, 2010.
- [2] Yin Tan, Zhou Lin, Rong Minzhi, et al. Self-healing woven glass fabric/epoxy composites with the healant consisting of microencapsulated epoxy and latent curing agent [J]. *Smart Materials and Structures*, 2008, 17(1): 15-19.
- [3] 王辉. 聚合物基复合材料齿轮自修复技术研究[D]. 北京: 北京工商大学, 2009.
- [4] Xia Y, Lu Y. Fabrication and properties of conductive conjugated polymers/silk fibroin composite fibers [J]. *ComposSci Techn*, 2008, 68(6): 1471.
- [5] 童晓梅, 张敏, 张婷, 等. 微胶囊自修复技术及其在聚合物基复合材料中的应用[J]. *塑料*, 2009(38): 29-31.
- [6] 李海燕, 王荣国, 刘文博, 等. 微胶囊自修复复合材料的研究进展[J]. *玻璃钢/复合材料*, 2007(4): 48-51.
- [7] 张力, 刘玉德, 王辉. 食品机械用新型复合材料齿轮的研究[J]. *食品科技*, 2009(34): 108-110.
- [8] 李婷婷, 王瑞, 刘星. 微胶囊自修复复合材料的研究进展[J]. *材料导报*, 2010(17): 57-61.

## Application and Noise Effect of Self-repairing Gear in Food Machinery

XIAO Jun, ZHANG Li, CHEN Hao

(School of Material and Mechanical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** The self-repair technology of composite materials and self-repair principles of microcapsules were introduced in this paper. The weight loss and noise reduction of machine in food machinery could be achieved by using the composite gear made of self-repair materials of microcapsules. The effect of self-repair microcapsules on the vibration of gear made of composite materials was revealed by analyzing noise data under different temperatures during the vibration of new gear made of composite materials. The results showed that self-healing microcapsules reduce the friction of the gear noise.

**Key words:** food machinery; self-repair; gear; noise

(责任编辑: 檀彩莲)