

减振降噪功能材料的研制

邹宗柏 李 俊 孙莉明 余 健

(东南大学化学化工系, 南京 210018)

摘要 根据材料性能的要求,选择环氧树脂为粘合剂,低分子聚酰胺为固化剂,石粉,石英砂,玻璃纤维 3 种物质为填料,根据优化的配方制成一种高分子复合材料,该材料的硬度约为 240HB 左右,冲击强度约为 $30\text{kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2$,均接近于某些金属材料的指标,易成型,并且成本较低,可以用来代替纺织厂有梭织机的某些受撞击比较严重的金属部件,具有广泛的应用价值。

关键词 减振,降噪,高分子复合材料,环氧树脂。

噪声问题多年来一直是困扰着人们的环境问题,它不仅对结构系统、电子设备、产品精度产生严重影响,而且直接危害人们的健康。噪声的起因多是由于振动而产生的,许多行业都存在着不同程度的噪声污染,其中以纺织厂机织车间的噪声问题最为突出,噪声一般高达 95—105dB 左右^[1],如此高声级的噪声不仅会使人疲劳,心情烦躁,引起噪声性耳聋和心血管等系统的慢性疾病,而且会降低工作效率。因此,对纺织厂机织车间进行降噪研究是非常必要的^[2]。机织车间的噪声源主要是有梭织机,织机的主要部件均靠撞击来传递能量。根据撞击噪声的发声理论^[1],物体撞击时将会产生 2 种噪声,一是加速度噪声,二是自鸣噪声。加速度噪声的持续时间很短,但峰值很高,其峰值声压取决于撞击的速度及其接触时间,自鸣噪声的持续时间较长,其峰值虽然比加速度噪声低,但能量较大。增加撞击的接触时间可降低加速度噪声,提高撞击物体的阻尼可降低自鸣噪声。

1 基本原理

目前,有梭织机上使用的大多为金属零件,由于金属材料的阻尼很小,其消耗振动能量弱,撞击时由于振动而产生的噪声很大。

笔者考虑完全采用高分子复合材料来替代某些受冲击部件,由于某些高分子复合材料较之减振合金及某些金属材料有更大的内耗,因而具

有更加良好的减振降噪性能^[3],而所面临的关键问题是如何使这些材料既能做成一定形状,又具有一定硬度和耐冲击性以及良好的减振阻尼效果,同时成本低廉。

环氧树脂是一种热塑性线型的高分子树脂,在低分子聚酰胺或其它固化剂的作用下,线型环氧树脂分子交联成三维网状结构的大分子,成为不溶不熔的热固型环氧塑料,显示出其固有的优良性能,满足机件的物理、力学性能^[4]。在环氧树脂中按一定配比加入石粉、石英砂、玻璃纤维 3 种填料,不仅可以相对地减少树脂的用量,大大降低成本,而且可以降低固化时收缩率和热膨胀系数,增加导热率,提高机械强度如硬度、抗压强度和耐磨性能,调节润滑性能,改善操作工艺性。

为改善环氧树脂的脆性,增加韧性,提高其冲击强度且使其它性能无太大变化,可选择丁腈橡胶等作增韧剂;另用丙酮作稀释剂可以降低环氧树脂的粘度,提高浸润性,便于混合均匀,增大填料用量,利于涂敷操作,并可延长适用期^[5]。

2 实验

2.1 原材料和器具

E-815 环氧树脂,300# 低分子聚酰胺,丙酮,石粉,石英砂,玻璃纤维,水泥,玻璃棉,涤纶棉,碎布,氧化铁粉,锌粉,凡士林,硅油,丁腈橡胶。

天平,恒温干燥箱,烧杯,玻棒,铁棒,有机玻璃,木模,角匙等。

2.2 试样制备

- (1)在一定量的环氧树脂中加入稀释剂和增韧剂。
- (2)把称量好的填料加进去,充分搅拌,混合均匀。
- (3)加入一定量固化剂后再充分搅拌,如果有促进剂和偶联剂,先把固化剂,促进剂和偶联剂混合,再加入前面混合好的组分中。
- (4)倒入涂有脱模剂的模具中。
- (5)按各种条件固化后,脱模。
- (6)必要时进行后固化(在高于 T_g 以上的某温度热处理,可以起到补充固化,并可消除内应力,提高强度)。

2.3 性能测试

高分子复合材料性能测试的方法很多,如拉伸,压缩,冲击,硬度,蠕变,疲劳等。由于时间与条件所限,本文着重对材料的冲击强度,硬度和玻璃化温度等进行研究。

(1)冲击强度 冲击试验是在高速冲击载荷作用下测定材料的冲击强度,它是评价材料抵抗冲击的能力,判断材料脆性或韧性的程度,所以,冲击强度也可称为冲击韧性。

(2)硬度 硬度是物体抵抗其它物体压入的能力,或一个硬物压在材料表面时,材料抵抗弹性、塑性和破坏的能力。

本实验采用的是 HB-3000 型布氏硬度计。

(3)玻璃化温度 在玻璃化转变温度下,聚合物链段的配位运动速率和用以测定转变速率处于同一数量级,在相当于转变时的温度和频率下,机械能将为此体系所吸收并转为热能。因此,在接近其玻璃化温度时聚合物显示最大的损耗模量,这正是能量消耗的量度。在谐振振动体系中应用这种聚合物时,不必要的噪声及振动就可以衰减,而对于均聚物的有用温度范围通常是十分狭窄的,大约相当于其玻璃化温度上下 20—30℃ 左右。实验使用的是 RJY-80 型热机仪。

本文采用正交试验法,选因素,定位级,经性能测试,而后进行级差分析,找出各因素之间的

相互关系,寻找最佳配方。

3 正交试验

3.1 试验 1(表 1—2)

固定用量:环氧树脂 15g,低分子聚酰胺 15g,丙酮少量。

影响因素:填料,固化温度,固化时间。

3.2 试验 2(表 3—4)

固定用量:环氧树脂 15g,低分子聚酰胺 15g,玻璃纤维 3g,丙酮少量。

影响因素:填料,固化温度,固化时间。

表 1 正交计划

列代号	因 素				
	温度(℃)	时间(h)	石粉(g)	石英砂(g)	玻璃纤维(g)
A	60—70	3	5	5	1
B	90—100	6	15	15	2
C	140	9	30	30	3
D	170	12	45	45	4

表 2 正交表 $L_{16}(4^5)$

式样号	1	2	3	4	5
1A	A	B	C	B	C
2B	C	D	A	B	B
3C	B	D	C	C	D
4D	D	B	A	C	A
5E	A	C	A	D	D
6F	C	A	C	D	A
7G	B	A	A	A	C
8H	D	C	C	A	B
9I	A	A	D	C	B
10J	C	C	B	C	C
11K	B	C	D	B	A
12L	D	A	B	B	D
13M	A	D	B	A	A
14N	C	B	D	A	D
15O	B	B	B	D	B
16P	D	D	D	D	C

表 3 正交计划

列代号	因 素			
	温度(℃)	时间(h)	石粉(g)	石英砂(g)
A	40	1	1	1
B	50	2	3	3
C	60—70	3	5	5

表 4 正交表 $L_9(3^4)$

式样号	1	2	3	4
A1	A	A	C	B
B2	B	A	A	A
C3	C	A	B	C
D4	A	B	B	A
E5	B	B	C	C
F6	C	B	A	B
G7	A	C	A	C
H8	B	C	B	B
I9	C	C	C	A

按正交方案优化的诸条件将制成的样品固化成形后分别测其冲击强度值和硬度值,如表 5 和表 6 所示。

3.3 数据处理及讨论

3.3.1 冲击强度

由正交试验一位级分析极差:

$R_{\text{温度}} = 50.96 - 16.74 = 34.20(\text{kgcm}/\text{cm}^2)$

$R_{\text{时间}} = 47.67 - 27.89 = 19.78(\text{kgcm}/\text{cm}^2)$

$R_{G1} = 48.34 - 22.25 = 23.09(\text{kgcm}/\text{cm}^2)$

$R_{G2} = 48.19 - 26.42 = 21.77(\text{kgcm}/\text{cm}^2)$

$R_{G3} = 51.41 - 26.77 = 24.65(\text{kgcm}/\text{cm}^2)$

因素主次为:温度→玻璃纤维→石粉→石英砂→固化时间

要得到最佳的冲击强度,可能的最优方案为:温度 $\leq 60-70^{\circ}\text{C}$,时间 $\leq 3\text{h}$,石粉 $\leq 5\text{g}$,石英砂 $\leq 5\text{g}$,玻璃纤维 $= 3\text{g}$,其次可能的较优方案为 7G,1A,5E。

由正交试验二位级分析,因素主次为:温度→石英砂→固化时间→石粉,这与正交试验一所得结果有所不同,说明在低温,固化时间短,填料少的情况下,各因素影响主次顺序将发生变化。

可能的优化方案为:温度 60°C ,时间 $\leq 2\text{h}$,石粉 $= 3\text{g}$,石英砂 $= 5\text{g}$,玻璃纤维 $= 3\text{g}$,其次可能的较优方案为 F6,C3,I9。

3.3.2 硬度

由正交试验一位级分析极差:

$R_{\text{温度}} = 1031 - 541 = 490(\text{HB})$

$R_{\text{时间}} = 888 - 604 = 284(\text{HB})$

$R_{G1} = 861 - 525 = 336(\text{HB})$

$R_{G2} = 835 - 657 = 178(\text{HB})$

$R_{G3} = 970 - 694 = 276(\text{HB})$

表 5 冲击强度¹⁾

编号	冲击功 $A(\text{J})$	截面积 $F(\text{cm}^2)$	冲击强度 $(\text{kgcm}/\text{cm}^2)$
1A	2.98	1.92	15.80
2B	0.675	1.60	4.30
3C	1.40	1.65	8.65
4D	0.625	2.13	3.00
5E	3.05	1.98	15.70
6F	1.00	1.60	6.37
7G	3.85	1.55	25.30
8H	0.95	1.84	5.26
9I	1.45	1.76	8.40
10J	1.10	1.76	6.37
11K	1.20	1.92	6.37
12L	0.825	1.84	4.57
13M	2.26	2.08	11.0
14N	1.00	1.55	6.57
15O	1.58	1.78	9.02
16P	0.675	1.76	3.91
纯固	0.74	1.96	3.85
A1	4.40	1.92	23.40
B2	2.20	1.76	12.80
C3	44.55	1.44	32.20
D4	3.75	1.78	21.50
E5	4.20	1.84	23.3
F6	4.85	1.47	33.6
G7	3.85	1.58	24.5
H8	3.80	1.76	22.0
I9	4.60	1.68	27.9
16P+DQ	1.70	1.80	10.3
3C+DQ	2.40	1.76	14.9
QS	3.25	1.71	19.4
JG	2.40	1.40	17.4
S1	1.25	1.60	7.97
S2	1.15	1.47	7.96
S3	1.85	1.47	12.8
S4	1.95	1.65	12.4
S5	1.80	1.60	11.5
S6	3.55	1.98	18.3
S7	5.50	1.65	33.9
S8	6.00	1.71	35.8
S9	2.10	1.92	11.2
19+DQ	4.72	1.65	29.2
F6'	5.40	1.78	30.9
A'	1.00	1.44	7.08

1) 冲击强度 $a_k = A/F$

因素主次为:温度→石粉→固化时间→玻璃纤维→石英砂。

要得到最佳的硬度,可能的最优方案为:温

度 $\geq 170^{\circ}\text{C}$, 时间 $\leq 9\text{h}$, 石粉 $=15\text{g}$, 石英砂 $\leq 5\text{g}$

表 6 硬度¹⁾

编号	压痕直径 $d(\text{mm})$		布氏硬度数 (HB)		
	d_1	d_2	HB1	HB2	平均值
纯固	3.21	3.11	361	385	373
1A	5.78	5.30	104	126	115
2B	5.33	5.62	124	110	117
3C	5.14	4.99	134	143	139
4D	4.61	4.65	170	167	169
5E	5.65	5.78	109	104	107
6F	4.35	4.43	192	185	189
7G	5.16	5.20	133	131	132
8H	3.34	3.14	333	378	356
9I	4.25	4.02	201	226	214
10J	4.26	4.19	200	208	204
11K	4.60	4.82	170	154	162
12L	3.70	3.78	269	257	263
13M	5.55	6.09	114	95.5	105
14N	4.02	3.78	226	257	242
15O	3.64	3.58	278	288	283
16P	3.73	4.07	265	221	243
A1	6.10	6.00	77.0	96.0	87.0
B2	5.90	5.90	99.0	99.0	99.0
C3	5.77	5.77	104	104	104
D4	5.51	5.51	117	117	117
E5	6.00	6.00	96.0	96.0	96.0
F6	6.00	6.00	96.0	96.0	96.0
G7	5.51	5.47	117	121	119
H8	4.99	4.99	143	143	143
I9	6.00	6.00	96.0	96.0	96.0

1) 硬度 $\text{HB} = 2P / [\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})]$

或 $\geq 45\text{g}$, 玻璃纤维 $=2\text{g}$, 其次可能的较优方案为 8h, 15O, 12L。

由正交试验二位级分析, 因素主次为: 石粉 $\rightarrow$ 固化时间 $\rightarrow$ 温度 $\rightarrow$ 石英砂, 中温区可能的优化方案为: 温度 50°C , 时间 $\geq 3\text{h}$, 石粉 $=3\text{g}$, 石英砂 $=3\text{g}$, 玻璃纤维 $=3\text{g}$, 其次可能的较优方案为 8H。

3.3.3 冲击强度与硬度的相关关系

冲击强度与硬度是一对矛盾体, 冲击强度大往往硬度小, 而硬度大则冲击性能差, 因此要综合考虑 2 方面的因素。在中间区域内, 选取冲击强度较好的又能达到一定硬度的配方。

3.3.4 玻璃化温度

测试条件: 负载重 $1\text{kgcm}/\text{cm}^2$, 升温速度

$2^{\circ}\text{C}/\text{min}$

表 7 玻璃化温度

编号	纯固	3C	7G	16P	F6	I9
$T_g(^{\circ}\text{C})$	55.5	53.5	51.5	50	48	53.5

加入填料使环氧塑料的 T_g 下降。

3.3.5 增韧剂对材料性能的影响

采用增韧剂对环氧塑料进行改性, 性能测试如表 8。

表 8 增韧剂对材料性能的影响

编号	冲击强度 (kgcm/cm^2)	硬度 (HB)	$T_g(^{\circ}\text{C})$
3C	8.65	139	53.5
3C+DQ	14.89	96	52
16P	3.91	243	50
16P+DQ	10.31	229	49.7

可见, 增韧剂的加入可以较小地降低材料硬度而较大地改善抗冲击性能且使 T_g 下降。

4 结论

(1) 固化温度对材料的冲击强度、硬度影响最为显著。高温固化虽使材料具有较好的硬度, 但往往会降低冲击强度, 故采用中温固化较好。

(2) 增韧剂能大大改善材料的冲击强度, 而硬度降低较小。

(3) 较理想的配方为:

环氧树脂: 聚酰胺: 石粉: 石英粉: 玻璃纤维 $=1:1:3:3:0.267$, 增韧剂用量为 15phr , 固化条件: $90-100^{\circ}\text{C}$, $6-9\text{h}$

(4) 本实验所研制的复合材料的 T_g 值均高于室温且接近最大减振降噪的温度范围。

(5) 用最佳配方制成的高分子复合材料具有较强的硬度, 达到了金属材料的范围; 同时又具有较高的冲击强度, 接近某些金属的指标。

参考文献

1 J·D·欧文, E·R·格雷夫[美]著. 工业噪声控制. 北京: 北京机械工业出版社, 1984: 12—19
2 庄文雄, 周迪, 高志影等. 环境咨询. 1985, (1): 19
3 中国科技大学高分子物理教研室编著. 高聚物的结构与性能. 北京: 科学技术出版社, 1981: 38—50
4 Lee. H 编, 焦书科等译. 环氧树脂. 北京: 中国工业出版社, 1965: 7—15
5 宁荣昌. 高分子材料科学与工程, 1988, (1): 13

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

a waterborne salt movement was found to be 120 cm water column pressure. However, a 30 cm thick clay layer artificially covered on the top surface of the original sediment shows a strong suppression against the waterborne salt movement even if the suction head is over 800 cm water column pressure. No salt content was found to be accumulated on the surface during a 3 month period of simulated evaporation.

Key words: oxidative pond sediment, waterborne salt transport, simulation.

Application of GKS in National Water Quality Management Information System. Jiang Yong, Fu Guowei (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(3), 1994, pp. 22—25

GKS (Graphics Kernel System), the first ISO international standard for computer graphics, was used to construct a graphic application system with a higher efficiency of development and a stronger implantability of programs. This paper also deals briefly with the position of GKS in various applications, major functions and the principles of developing such a graphic system. The reasonable functions of graphics were arranged to closely meet the requirements of the national information system on water quality management. The software structures of the graphic system, and the schemes of designing a general graphics and a geographic graphics, were also described along with a general evaluation on the effectiveness of GKS application in developing graphic systems.

Key words: water quality management, graphics kernel system, National Water Quality Management Information System.

Research of the Separation and Recovery of PER Plastic Wastes. Zhang Zhongyan, Zhao Genmei et al. (Department of Chemistry and Chemical Engineering, Shanghai University of Technology, Shanghai 200072); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(3), 1994, pp. 26—29

The recycles of PET and high density polyethylene (HDPE) from the used plastic drinking bottles made of them were carried out by using a process comprising steps of: smashing the used bottles into pieces, air separation, cleaning, and floating. With this process, PET, HDPE and other plastic wastes were effectively separated and recovered at a rate of 97% for PET and a rate of 95% for HDPE. The recovered PET had a purity of above 95% and could be recycled as a raw material of plastics having a high quality.

Key words: PET, HDPE, separation and recovery of plastic wastes.

Use of Polymer Composite Materials for Vibration Damping and Noise Reduction. Zou Zongbai, Li Jun et al. (Southeast University, Nanjing 210018); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(3), 1994, pp. 30—33

A polymer composite material has been prepared by using an epoxy resin as binder, a low molecular weight polyamide as curing agent, and a mixture of powdered stone, quartz sand and glass fiber as filler, based on an optimized formulation designed to meet the requirements for the performance of material. The tests show that the composite material has a hardness of about 240 HB and an impact resistance of about 30kg · cm/cm², both of which are close to those for some metal materials. This material is also easy to shape and is cost-effective. All of these make the material having a value of wide application, particularly use as alternatives to replace those metal parts which may undergo a heavier impact on shuttled textile machines in textile factories, in order to minimize the vibration and noise.

Key words: polymer composite material, epoxy resin, vibration damping, noise reduction.

Method for Treating Exhaust Gases from Methanol Fueled Internal Combustion Engine (II): A Deep Oxidation of Methanol over Multicomponent Catalysts. Wang Jin'an, Wang Ren (Institute of Industrial Catalysts, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(3), 1994, pp. 34—37

Several kinds of multicomponent catalysts for a deep oxidation of methanol were studied for their activities and surface features by means of GC-MR, XRD, SEM, BET etc. The studies were also conducted on the effects of calcination temperature, oxygen level in the atmosphere and space-velocity on the activities of catalysts. The results show that the oxidation of methanol over all the catalysts studied produced formaldehyde (HCHO) and methyl formate (HCOOCH₃), and both the temperature ranges in which they could be produced and the maximum concentrations at which they could be produced varied for different catalysts. Catalysts No. 32—37 were found to have a significantly high activity than the bicomponent catalysts. The addition of a rare earth metal oxide (CeO₂) and a noble metal (Pd) in a small amount to such catalysts could improve their activities to an extent. Increased calcination temperatures would cause the catalyst surfaces to be sintered, making the activities reduced. Increased space-velocities could give a slightly higher rate of methanol conversion. The oxygen level was found to be preferably at 5% and a level of over 10% would have only a small effect on methanol conversion.

Key words: methanol, formaldehyde, methyl