

EM 改性聚丙烯纤维的电磁屏蔽性能研究

毕海峰 张玉梅 王华平

王学利

(东华大学材料科学与工程学院,上海,200051)

(中国石油辽阳石化分公司)

摘要:研究无机粒子(代号为 EM)共混改性聚丙烯(PP)纤维的力学性能、结晶性能和电磁屏蔽性能,讨论无机粒子含量与纤维各项性能之间的关系,认为无机粒子含量为 5% 时,纤维的综合性能最好。

关键词:聚丙烯纤维 共混 无机粒子 电磁屏蔽 研究

中图分类号:TS 102.6

随着高科技电器产品越来越普及,手机、电脑、电视机在给人们生活带来便利和享受的同时,电磁辐射问题也日益严重。会使人体机能产生变化,造成损伤;会产生各种眼部疾病,甚至引起人体大脑中枢神经系统紊乱,导致白内障、白血病等^[1]。为减少和避免电磁辐射对人体造成的伤害,对于电磁屏蔽织物的需求越来越大。

电磁屏蔽的作用是减弱由辐射源产生的某个区(不包含这些源)内的电磁场效应,有效的控制电磁波从某一区域向另一区域辐射而产生的危害。其作用原理是采用低电阻的导体材料,通过导体材料对于电磁能流的反射和引导作用,使其受感应而产生电荷,在其内部产生与源电磁场相反的电流和磁极化,从而减弱源电磁场的辐射效果。

根据 Schelkunoff 电磁屏蔽理论^[2],在一般情况下,金属材料的导电性越好,屏蔽效果越高;频率升高,电磁波穿透力增强,屏蔽效果下降。

目前国内外对电磁屏蔽织物的研究仅限于涂层法及电镀法等,其产品手感粗硬,涂层(镀层)易脱落,耐洗性差^[3-4]。共混纺丝法是纤维改性常用的一种方法,但用于电磁屏蔽织物的研究在国内外尚处于起步阶段,其加工工艺的关键是选择一种理想的屏蔽剂,将它均匀分散在纤维中,使纤维在具备电磁屏蔽性能的同时具有较好的可纺性和力学性能。本研究是将代号为 EM 的电磁波衰减吸波超微粉体与聚丙烯(PP)切片共混,然后进行熔融纺丝(235℃),并对制得的纤维进行力学性能、结晶性能和电磁屏蔽性能的测试,研究 EM 含量与纤维各项性能之间的关系。

表 1 纤维代号

代号	EM 含量(%)
PP	0
PP-EM1	1
PP-EM2	2
PP-EM3	3
PP-EM5	5

1 实验方法

1.1 纤维的制备

原料:EM 与 PP 熔融共混后制得的切片;纺丝设备:MSTC-400 纺丝机;纺丝条

件:温度 235℃;纺丝速度:400m/min;纤维规格:8.36dtex。所得纤维代号如表 1 所示。

1.2 声速法测取向度

仪器:SCY-III 型声速取向测量仪;用倍长法求取延迟时间。

1.3 纤维力学性能的测试

仪器:YG001A 纤维电子强力仪;测试条件:载荷 200gf,夹持长度 10mm,夹头下降速度 60mm/min;测定 10 根单丝的强力和伸长,取其平均值。

1.4 DSC 测试

仪器:DUPONT9900 型热分析仪;测试条件:升温速度为 10℃/min,测试温度范围为室温到 300℃;制样:将纤维样品剪成粉末,准确称取 5~10mg。

1.5 电磁屏蔽性能的测试

仪器:由上海计量测试研究院研制的信号发生器自动校准系统。取一直径为 1.5cm 的圆形纤维试样,通过夹具夹在信号发生器的发射端和接收端之间,测试有屏蔽和没有屏蔽情况下的电磁波能量的衰减值来测定纤维的电磁屏蔽效果。测试标准:国家电子工业部制定的 SJ20524 标准。

2 实验结果与讨论

2.1 改性纤维的力学性能

电磁屏蔽改性丙纶纤维的力学性能如表 2 所示:

表 2 纤维的力学性能

试样	断裂伸长(%)	断裂强度(cN/dtex)
PP	20.18	5.04
PP-EM1	18.78	4.55
PP-EM2	17.13	4.48
PP-EM3	16.68	4.33

从表 2 看出,随着 EM 含量的增加,纤维的断裂伸长和断裂强度都有所下降。一方面由于无机粒子的分布不均导致局部粒子含量过高,产生应力集中而使局部易于断裂;另一方面,从声速法测纤维取向度的实验结果(见表 3),可以看出,随着无机粒子含

量的增加,声速值下降,纤维的取向度降低,这也是导致纤维力学性能下降的原因之一。但就共混体系的断裂强度而言,基本符合服用纤维的要求(一般服用纤维要求断裂强度 4.4cN/etex)^[5],强度的降低不会影响其使用性能。

表3 声速法测得的参数

试样	PP	PP-EM1	PP-EM2	PP-EM3
实测声速值 (km/s)	1.6736	1.3746	1.1660	0.9854

2.2 纤维的结晶性能

从 DSC 热谱图(图 1)上看出,加入无机粒子后纤维的熔融峰的形状并没有大的改变,因而无机粒子的加入对纤维的结晶能力并没有大的影响。由于聚丙烯易结晶,在熔融纺丝过程中结晶度已达饱和,因而在 DSC 图谱上只出现熔融峰,而无结晶峰出现。可按下式计算试样的结晶度 X_D :

$$X_D = (\Delta H / \Delta H^*) \times 100\%$$

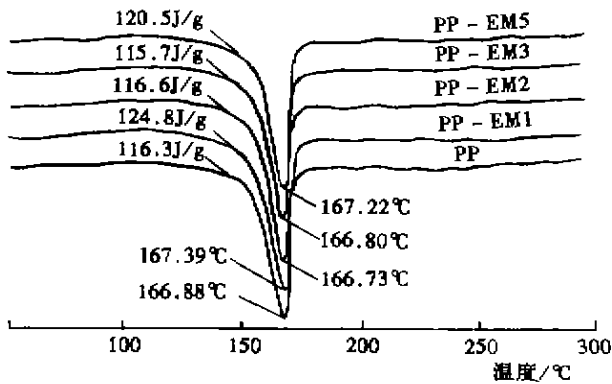


图1 不同无机粒子含量的样品的 DSC 图谱
升温速度:10°C/min 升温范围:室温~300°C

式中, ΔH 为单位重量样品吸收(或放出)的热量; ΔH^* 为样品百分之百结晶时的熔融热, $\Delta H^* = 138.10 \text{ J/g}$ 。

从表 4 看出无机粒子的加入对于纤维的熔点和结晶度并无太大的影响。

表4 不同 EM 含量的纤维的结晶度

样品	熔点 T_m (°C)	吸收热量 ΔH (J/g)	结晶度 X_D
PP	166.88	116.3	68.89
PP-EM1	167.39	124.8	73.92
PP-EM2	155.98	116.6	69.06
PP-EM3	155.64	115.7	68.53
PP-EM5	155.85	120.5	71.37

2.3 改性纤维的电磁屏蔽性能

影响改性纤维电磁屏蔽性能的主要因素有基体及无机粒子的性质、形态、尺寸、含量、无机粒子在纤

维中的分散程度及纺丝工艺条件等。EM 改性聚丙烯纤维的屏蔽性能测试结果如表 5 所示:

表5 不同频率,不同 EM 含量的样品的电磁屏蔽效果

频率 (dB) (MHz)	屏蔽效果			
	PP	PP-EM1	PP-EM3	PP-EM5
1	67.33	69.70	76.17	78
10	45.83	48.17	54.50	56.33
30	36.67	39.17	45.50	48.33
100	26.00	28.5	34.83	35.67
300	16.67	19.0	25.33	25.33
1000	6.83	8.50	14.67	14.83
3000	2.67	3.83	7.17	7.50

从表 5 看出,样品在低频时的屏蔽效果较好,随着频率的增加,样品的屏蔽效果降低,而在同一频率下,随着无机粒子含量的增加,电磁屏蔽效果增强。从图 2 更直观看出,电磁屏蔽效果与入射频率的对数呈较好的线性关系。

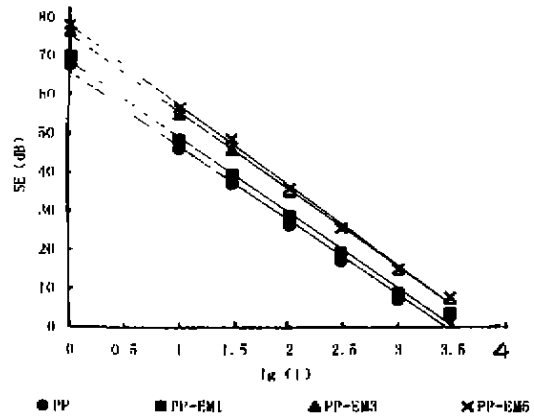
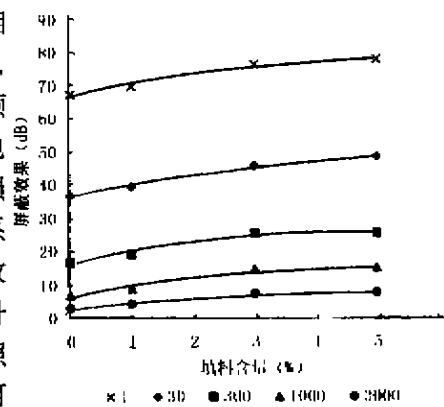


图2 电磁屏蔽效果与入射频率的关系

在材料相同的情况下,随着电磁波频率的升高,电磁波的反射损耗呈对数关系下降,而吸收损耗则是上升的^[6]。对照



实验结果,可推断 EM 改性聚丙烯纤维的电磁屏蔽原理是以反射损耗为主的。

从图 3 看出,随着无机粒子含量的增加,电磁屏蔽效果增大。在 EM 含量较低时,屏蔽效果随 EM 增加的趋势比较大,当 EM 含量达到 5% 时,屏蔽效果的增长趋势已渐趋缓和。(下转第 25 页)

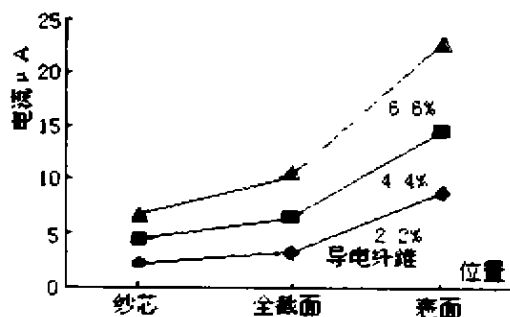


图9 地毯的放电能力和纱线中导电纤维含量的关系

含量小于4.4%时,体积比电阻随导电纤维含量的增加而急剧降低;导电纤维含量大于4.4%时,体积比电阻随导电纤维含量的增加而变化不多。说明导电纤维含量在4.4%左右即可。

3.2 地毯的抗静电性

3.2.1 地毯电晕放电能力的测定 数据如图9。

从图9看出,地毯的电晕放电能力和纱线的规律相同。当导电纤维分布在纱线表面时地毯的电晕放电能力最强。

3.2.2 地毯导电能力的测定 数据如图10。

从图10看出,地毯导电强弱规律同纱线完全相同,而导电纤维分布在纱线表面的地毯导电能力比另外两种强得多。

4 结论

1. 导电纤维对纱线和地毯的导电性影响很大,纱线中的导电纤维含量越多,则纱线和地毯的抗静

(上接第20页)

因为EM改性丙纶的电磁屏蔽机理是以反射损耗为主的,材料的相对电导率越高,其屏蔽效果越好。随着无机粒子含量的增加,共混体系逐步形成导电网络,其电导率逐渐增加,而一旦导电网络形成后,其电导率不再有明显的变化。因而,无机粒子含量在5%左右即可达到最佳的电磁屏蔽效果。

3 结论

1. 无机粒子与聚丙烯共混纺丝,在235℃的纺丝温度和400m/min的纺丝速度下,热稳定性良好,无机粒子的含量在不高于5%的情况下,纺丝性能良好。

2. 随着无机粒子含量的增加,纤维的取向度、力学性能有所下降,但不影响其使用性能。

3. 改性纤维具有良好的电磁屏蔽性能,其屏蔽

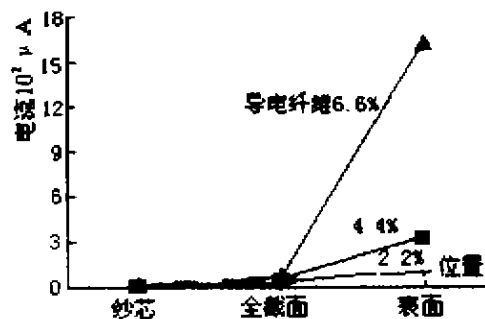


图10 地毯的导电能力和导电纤维含量的关系

电性能越好。

2. 在纱线中的导电纤维含量相同时,导电纤维分布在纱线表面的纱线的抗静电性能最好,其次是导电纤维均匀分布在纱线上,导电纤维分布在纱线中间的纱线的抗静电性能最差。

3. 我们研制的抗静电地毯具有良好的导电性能,能够充分发挥导电纤维的作用,即使在导电纤维含量为2.2%时,地毯的导电性也足以满足各种场合的要求。导电纤维的含量以不超过4.4%为宜。

参考文献

- [1] 高绪珊等,《导电纤维及抗静电纤维》,纺织工业出版社,1991,2,P6,p46
- [2] J. Boyd, D. Bulgin, The Reduction of Static Electrification by Incorporating Viscose Rayon Containing Carbon Journal of Textile Institute, 1957, 48, 66
- [3] J. W. S. Hearle, The electrical resistance of textile materials, J. T I, 43, 1952: 194~223
- [4] 狄剑峰等,《新型纺纱产品开发》,北京:纺织工业出版社,1998,7:189~195

效果以反射损耗为主。

4. 随着无机粒子含量的增加,电磁屏蔽效果增强,在10~1000MHz频率范围内,屏蔽效果达到10dB以上。

5. 当无机粒子含量达到5%左右时,屏蔽性能的增长趋势趋于缓和。为了达到屏蔽性能和力学性能的统一,可将无机粒子的含量控制在5%左右。

参考文献

- [1] 张兴祥:射线防护织物与防护服的研究现状,《产业用纺织品》,12(1):25~28
- [2] 杜仕国等:电磁屏蔽导电复合材料,《兵器材料科学与工程》,1999(6):61~66
- [3] Shinagawa, Shunichi; Kumagai, Yaomi; Urabe, Kei; Conductive papers containing metalized polyester fibers for electromagnetic interference shielding, J. Of Porous Material, 1999(3):185~190
- [4] JPI1080465 A2(1999)
- [5] 董纪震等编,《合成纤维生产工艺学(第二版)下册》,北京:纺织工业出版社,1996:18
- [6] 谭松庭等:屏蔽EMI用导电性高分子复合材料,《材料工程》,1998(5):6~9