

文章编号: 1007-2780(2012)01-0026-05

导光板用聚甲基丙烯酸甲酯基光扩散材料的研究

段 宇¹, 马文石^{1*}, 万兆荣², 王 洪³

(1. 华南理工大学 材料科学与工程学院, 广东 广州 510640, E-mail: duanyu0623@126.com;

2. 广州科苑新型材料有限公司, 广东 广州 510860; 3. 华南理工大学 理学院, 广东 广州 510640)

摘 要: 以光学级聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)为基材, 分别添加不同比例的球形二氧化硅光扩散剂 A 和光扩散剂 B, 研究了光扩散剂含量、球形粒子大小及粒径分布对材料的透光率、雾度及力学性能的影响。研究表明, 在光学级 PMMA 中添加球形二氧化硅光扩散剂能获得良好的光扩散材料。当平均粒径为 2 μm , 添加质量分数为 0.4% 时, 试样的透光率为 88.0%, 雾度可达 90.1%, 有效光扩散系数可达 79.3%, 不仅能明显提高 PMMA 的拉伸强度, 而且对弯曲强度, 缺口冲击强度的影响也不大, 具有很好的实际应用价值。

关 键 词: 聚甲基丙烯酸甲酯; 光扩散剂; 透光率; 雾度;

中图分类号: TN27

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20122701.0026

Light Diffusion Materials in Polymethylmethacrylate Used in Light Guide Plate

DUAN Yu¹, MA Wen-shi^{1*}, WAN Zhao-rong², WANG Hong³(1. School of Materials Science and Engineering, South China University of Technology,
Guangzhou 510640, China, E-mail: duanyu0623@126.com;

2. Guangzhou Keyuan Innovative Materials Co., LTD, Guangzhou 510860, China;

3. School of Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Optical-grade polymethylmethacrylate (PMMA) was acted as matrix material in which spherical silica light diffusion agents A and B were blended respectively with different proportions. The effect of dosage, spherical particle size and size distribution of light diffusion agents on the transmittance, haze and mechanical properties was studied. The studies of spherical silica light diffusion agents in PMMA resin indicate that the light diffusion materials could be prepared. Light diffusion agents can significantly improve the tensile strength while making little influence on the flexural strength and notched impact strength. When the concentration of light diffusion agents was 0.4% (mass fraction), with average particle diameter of 2 μm , the transmittance of light diffusion materials was 88.0%, the haze was 90.1% and the light diffusion coefficient was 79.3%, which has a good practical value.

Key words: polymethylmethacrylate; light diffusion agents; transmittance; haze

收稿日期: 2011-10-21; 修订日期: 2011-11-27

基金项目: 广东省省部产学研合作重大项目(No. 2010A090200035); 广州市花都区产学研项目(No. 09HDCXY-G01)

作者简介: 段宇(1988-), 女, 湖南衡阳人, 硕士研究生, 主要从事光扩散材料方面的研究。

* 通讯联系人, E-mail: mcwshma@scut.edu.cn

1 引 言

近年来,液晶显示技术不断发展与成熟,在平板显示市场占据了主导地位,尤其是具有高画质、空间利用率佳、低消耗功率及无辐射等优越特性的薄膜晶体管液晶显示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD),更已成为市场主流^[1]。随着 TFT-LCD 的蓬勃发展,导光板作为其不可缺少的组成部分——背光照明系统(backlight system)的组成构件,其需求量也不断增加。传统的印刷型导光板由于散射角过大,印刷点亮度对比高,为了使光线均匀射出,必须使用较厚的扩散膜,但会使背光组件的照明亮度降低;而注射型导光板虽然能解决导光板厚度方面的问题,但其对于机械的加工精度要求非常高,也给实际工业生产带来诸多不便^[2]。因此,光扩散聚合物导光板具有非常高的研究和开发价值。

光扩散材料是指既能使光通过又能有效散射光的材料^[3],它可将点、线光源转化成线、面光源,并可作为面光源材料应用于指示标牌、展示橱窗、投影壁墙,壁挂式均匀光源及穿透型显示器等^[4-6],还可与液晶元件复合制备高分子分散型液晶显示元件,并可作为液晶显示器背光源材料^[7]。

目前,大多数新型光扩散材料的制备都是以透明的高分子基质材料和分散于其中的光扩散材料共混^[8]。评定光扩散材料的两项主要技术指标是透光率和雾度。通常情况下,材料的透光率与雾度都是相互矛盾的,透光率高的材料,雾度值低;反之亦然。如何平衡二者的关系,光扩散剂的选择是关键。本文采用光学性能和耐候性颇佳的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)作为基体,研究了实验室合成的两种不同类型的光扩散剂对于导光板用光扩散材料的力学性能的影响,为光扩散材料的制备提供了有利的参考数据。

2 实 验

2.1 主要原料

PMMA 牌号 VH5 为日本三菱丽阳高分子材料(南通)有限公司制造;二氧化硅基光扩散剂 A 和光扩散剂 B 为自制材料。

2.2 主要设备与仪器

场发射扫描电子显微镜(SEM),Nvoa NanoSEM

430,荷兰 FEI;WGT-S 型透光率/雾度测定仪,上海精密科学仪器有限公司;真空干燥箱:DZF-6050 型,上海申贤恒温设备厂;双螺杆挤出机,Rheo Drive 7 型,德国 HAAKE 公司;注塑机,HQT980,宁波海强电气机械制造有限公司;万能电子拉力试验机,AG-1,日本岛津公司;简支梁冲击试验机,XJJ-50,承德试验机有限责任公司;悬臂梁冲击试验机,JC-3002,江都市精诚测试仪器厂。

2.3 试样制备

将 PMMA 粒料在相对真空度 -0.092 MPa, 温度 85 °C 下干燥 2.5 h,然后将光扩散剂分别按质量分数为 0.2% , 0.4% , 0.6% , 0.8% , 1.0% 与 PMMA 充分混匀。经螺杆挤出机挤出造粒,然后注射制成用于性能测试的各种标准样条。

2.4 性能测试

SEM 分析:将光扩散剂 A、B 均匀洒在导电胶表面,喷金,制得适合进行电镜分析的样品;

透光率和雾度按 GB/T2410-2008 测试,试样尺寸为 60 mm \times 40 mm \times 4 mm;拉伸强度按 GB/T1040-2006 测试;弯曲强度按 GB/T9341-2008 测试;简支梁缺口冲击强度按 GB/T1043-2008 测试;悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T1843-2008 测试。

3 结果与讨论

3.1 微观形貌

图 1 为自制的改性二氧化硅基光扩散剂 A 和扩散剂 B 的 SEM 照片。由图中可以看出,两种自

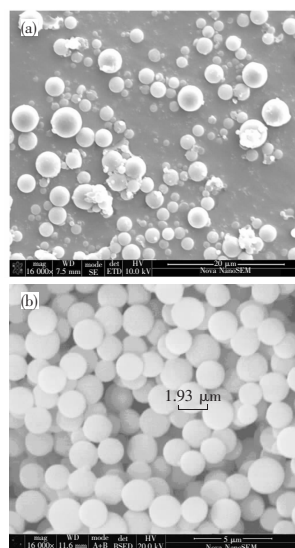


图 1 光扩散剂的 SEM 照片

Fig. 1 SEM photographs of light diffusion agents. (a) Light diffusion agent A; (b) Light diffusion agent B.

制的光扩散剂均呈球形,并且粒子表面光洁度高。但光扩散剂 A 的粒径大小不均一,少数大粒径为 $3\sim 4\ \mu\text{m}$,多数粒径范围为 $0.3\sim 2.5\ \mu\text{m}$,且部分粒子表面含有某些粉状物质;而光扩散剂 B 粒径非常均匀,均为 $2\ \mu\text{m}$ 左右。光扩散剂 A、B 粒子的不同微观形貌也会影响到复合材料的光学性能。

3.2 光扩散材料的光学性能

评定光扩散材料光学性能的两项主要指标是透光率和雾度。透光率是以透过材料的光通量与入射的光通量之比的百分数表示;雾度又称浊度,为透明或者半透明材料不清晰的程度,是材料内部或表面由于光扩散造成的云雾状或混浊的外观,以散射光通量与透过材料的光通量之比的百分率表示^[9]。

3.2.1 光扩散剂用量对试样透光率和雾度的影响

光扩散现象的产生^[10]是媒质的均匀性遭到破坏的结果,即尺寸达到波长数量级的临近媒质小块之间在光学性质上(如折射率)有较大差异,在入射光的作用下,它们作为次级波源将辐射振幅大小不同的次波,彼此的相位也有差别。这样,由于次波的相干迭加,除了部分光波仍沿着几何光学规定的方向传播外,在其他方向不能抵消,造成散射。因此,当入射光照射在两种折射率不同物质的分界面时必然会发生散射^[11]。

不同种类、不同质量分数的光扩散剂对试样透光率、雾度的影响如图 2 和图 3 所示。由图 2 和图 3 可以看出,PMMA 空白板的透光率为 92.5%,雾度为 1.8%。由图 2 可见,添加光扩散剂后,PMMA 试样的透光率均有所下降,其中,添加光扩散剂 A 的下降幅度较大。当光扩散剂 A 的添加质

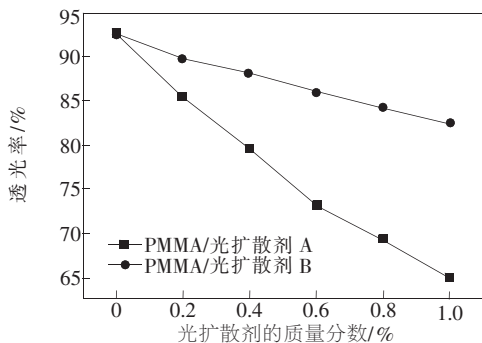


图 2 光扩散剂用量对透光率的影响

Fig. 2 Effect of content of light diffusion agents on transmittance of PMMA sheet

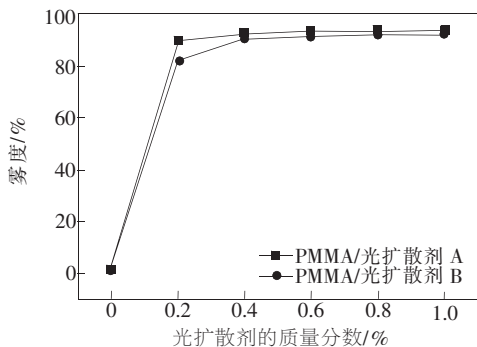


图 3 光扩散剂用量对雾度的影响

Fig. 3 Effect of content of light diffusion agents on haze of PMMA sheet

量分数为 0.2% 时,试样的透光率为 85.4%,添加质量分数为 1.0% 时,透光率下降为 65.0%。而添加光扩散剂 B 的下降幅度则相对较缓,当光扩散剂的添加质量分数由 0.2% 增加到 1.0% 时,试样的透光率也仅由 89.7% 下降到 82.4%。出现这一差别的原因主要是光扩散剂 A 中少量粒径为 $3\sim 4\ \mu\text{m}$ 的大粒子对可见光透过的阻挡造成的。

由图 3 可见,光扩散剂的添加可以有效提高 PMMA 的雾度。PMMA 空白板的雾度仅为 1.82%,添加 0.2% 的光扩散剂 A 到 PMMA 树脂中,PMMA 板的雾度可达 89.13%;添加相同含量的光扩散剂 B 到 PMMA 树脂中,PMMA 板的雾度为 81.46%,可见在低质量分数的添加量范围内,光扩散剂 A 比光扩散剂 B 对试样雾度的提高效果更明显。这也与光扩散剂 A 粒子的粒径分布有关,由于光扩散剂 A 的多数粒子粒径都较小,这样在低质量分数添加量下,添加相同含量的光扩散剂到 PMMA 树脂中,添加光扩散剂 A 的单个粒子数目更多,光扩散中心更多,从而使 PMMA 板的雾度值提高得更多。而在较高质量分数添加量下,PMMA 树脂中光扩散剂粒子浓度均较高,光扩散中心量也较高,从而由粒径大小造成的光扩散中心的偏差影响缩小,所以,两种光扩散剂对雾度影响变小,并且接近。当光扩散剂的用量为 1.0% 时,添加光扩散剂 A 的 PMMA 树脂板的雾度值为 92.86%,添加光扩散剂 B 的 PMMA 树脂板的雾度值为 91.85%。

3.2.2 有效光扩散系数与光扩散剂含量的关系

通常,用透光率 \times 雾度 ($T \times H$) 来表示材料的有效光扩散能力。其值越大,表示在获得高光

扩散强度时, 其光损失越小。可以通过改变光扩散剂的添加量来获得理想的透光率和雾度值, 从而转化为有效光扩散值。图 4 为光扩散剂含量对试样有效光扩散系数的影响。

由图 4 可以看出, 光扩散剂 A 对有效光扩散系数的影响是随光扩散剂含量的增加, 试样的有效光扩散系数线性减少; 当添加量为 0.2% 时, 材料的有效光扩散系数最大, 为 76.1%; 添加量为 1.0% 时, 材料的有效光扩散系数降低到 60.4%。而光扩散剂 B 的添加量由 0.2% 增加到 0.4% 时, 有效光扩散系数由 73.1% 增加到 79.3%, 之后, 随光扩散剂含量增加, 有效光扩散系数不断减小。

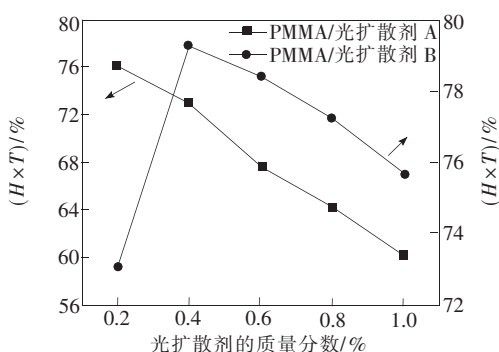
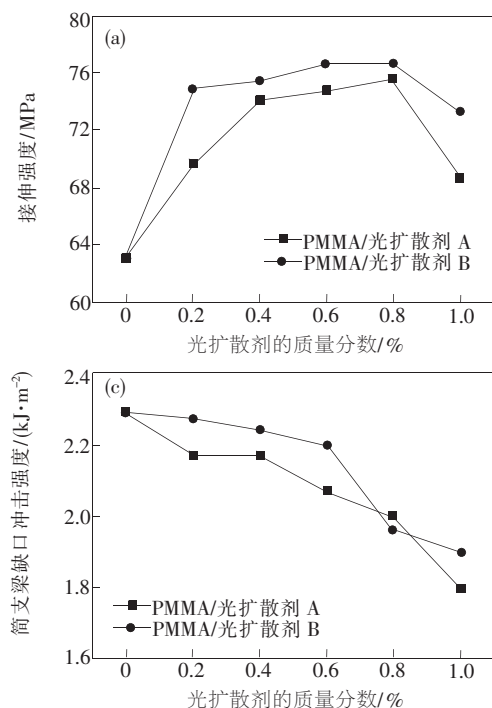


图 4 光扩散剂用量对试样有效光扩散系数的影响

Fig. 4 Effect of content of light diffusion agents on diffusion of PMMA sheet



3.3 光扩散剂对光扩散材料力学性能的影响

图 5 为光扩散剂含量对试样拉伸强度、弯曲强度及缺口冲击强度的影响。由图 5(a)可知, 将光扩散剂 A、B 分别加入 PMMA 后, 添加量在 0.2%~0.8% 范围内, 光扩散材料的拉伸强度均有不同程度的提高。纯 PMMA 的拉伸强度约为 63 MPa, 分别添加光扩散剂 A、B 后, 材料的拉伸强度的最大值可分别达 75.6 MPa 和 76.7 MPa。但当光扩散剂的添加量达到 1.0% 时, 光扩散材料的拉伸强度不但没有升高, 反而下降了。这可能与光扩散剂在基体树脂 PMMA 中的界面相溶性有关。由图还可以看出, 光扩散剂的粒径大小及粒径分布对光扩散材料的拉伸强度也有影响。

由图 5(b)可见, 添加光扩散剂后, 复合材料的弯曲强度略有提高。纯 PMMA 的弯曲强度为 86 MPa, 加入光扩散剂后, 复合材料的弯曲强度为 86~89 MPa, 且光扩散剂的添加量不超过 0.6% 时, 复合材料的弯曲强度随着光扩散剂添加量的增加提高较少, 当光扩散剂的添加量超过 0.6% 时, 随着光扩散剂添加量的进一步增加, 复合材料的弯曲强度提高较快。

由图 5(c)、(d)可知, 复合材料的缺口冲击强度随着光扩散剂含量的增加而降低, 光扩散剂添加量不超过 0.4% 时, 复合材料的缺口冲击强度

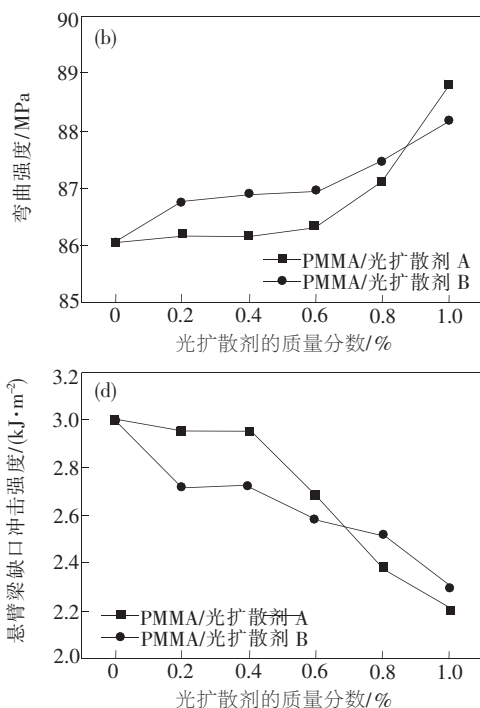


图 5 光扩散剂含量对拉伸、弯曲和缺口冲击强度的影响。

Fig. 5 Effect of content of light diffusion agents on tensile, flexural and notched impact strength of PMMA sheet.

下降幅度较小,这可能是因为添加少量光扩散剂影响不明显;进一步增加光扩散剂的添加量,复合材料的缺口冲击强度下降较快,这可能与光扩散剂粒子与 PMMA 相容性有关。

散剂能获得良好的光扩散材料。当平均粒径为 2 μm,添加量为 0.4%时,试样的透光率为 88.0%,雾度可达 90.1%,有效光扩散系数可达 79.3%,不仅能明显提高 PMMA 的拉伸强度,而且对弯曲强度,缺口冲击强度的影响也不大,具有很高的实际应用价值。

4 结 论

在光学级 PMMA 中添加球形二氧化硅光扩

参 考 文 献:

[1] 颖台科技股份有限公司. 增加光扩散及提高亮度的光扩散板;中国, 200610001637.8 [P]. 2007-07-25.

[2] 张楠,唐振方,栗万里,等. 光扩散聚合物导光板的材料参数设计 [J]. 光散射学报,2007,19(1):55-56.

[3] Minoru I, Itsuo T, Kazuo N. Light scattering material;US, 5744534 [P]. 1988-04-28.

[4] Oda M, Chiba I, Hayashi Y. Surface light source device, and liquid crystal display device, sign display apparatus and traffic sign display apparatus using the surface light source device;PCT Patent, US 6332691[P]. 2002-12-25.

[5] Zovko, Charles I. EI lamp with light scattering particles in cascading layer;PCT Patent, US 6703781 [P]. 2004-03-09.

[6] Broer Dirk J, De Witz, Christianne M R. Display device and method of manufacturing such a display device;PCT Patent, US 6320633 [P]. 2001-11-20.

[7] 杨银平. 液晶显示技术简介 [J]. 化工新型材料, 1996, (8):33-35.

[8] 杨华军,张秀菊,沈俊才,等. LED 照明用聚碳酸酯基光散射材料的研究 [J]. 工程塑料应用, 2011,39(1):44-47.

[9] 周维祥. 塑料测试技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1997:320.

[10] 赵凯华, 钟锡华. 光学: 下册 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1984:238.

[11] 邢华, 孟庆云. 室温下原位聚合制备 PMMA/PS 复合光散射材料 [J]. 化学工程与装备, 2008,5(5):6-8.

《液晶与显示》投稿指南

《液晶与显示》投稿方式为网上投稿。网上投稿便于您随时查询稿件的处理情况,方法为:登录本刊网站 <http://www.yjyxs.com>,进入“作者投稿”栏目,在线注册投稿。注册时“用户名”和“口令”由您设定,登录后按“提示”进行操作即可。稿件请用 Word 完成以便专家网上审理。

《液晶与显示》稿件发表的正常周期为 3~6 个月,缩短论文发表周期是学术论文的社会效益尽早实现的重要条件,而满足《液晶与显示》征稿简则,特别是第 3 项中(1)~(7)的要求,是稿件可以尽早编辑加工的必要条件。因此,您若希望论文能够早日发表,请您务必按“简则”写稿。

若您的稿件附有同行专家评语及单位推荐信,则您的稿件将优先发表,也欢迎您推荐 2~3 名审稿专家;同时,本刊更欢迎国家各重大科技攻关项目和基金课题产出的自主创新性文章。

《液晶与显示》稿件发表含印刷版、电子版和网络版,对版权有特殊要求者,请事先声明。