

防激光、防眩光 PMMA 材料的应用性能^{*}

丁楠 王炳升 张其土 王庭慰 杨国甫 蒋海滨 李名琦

(南京工业大学材料科学与工程学院,南京 210009) (航宇救生装备有限公司,襄樊 441002)

摘要 以聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)为基材,加入防激光、防眩光吸收剂 IR530、IR580、IR1065,制备了能有效吸收 530 nm、1060 nm 波长激光和 500 ~580 nm 波长眩光的 PMMA 材料,对其防护性能、力学性能、耐老化性能和耐激光照射性能进行了研究。结果表明,防激光、防眩光 PMMA 材料对 530 nm 波长激光的透过率为 0.01%,对 1060 nm 波长激光的透过率为 0.02%,对 500 ~580 nm 波长范围眩光的透过率小于等于 0.1%,具有良好的防护性能;防激光、防眩光 PMMA 材料的冲击强度较高,为 10.6 kJ/m²,且有良好的耐紫外老化性能。

关键词 聚甲基丙烯酸甲酯 激光 眩光 防护 强度 耐紫外老化性能

激光由于具有单色性好、方向性高、亮度高和相干性高等特点,因此自问世以来在军事、民用等领域得到了广泛的应用,特别是激光致盲武器、激光制导、激光测距仪、激光目标指示器及激光瞄准仪等各种激光武器和激光军用设备在现代高科技战争中发挥着重要的作用。随着激光技术的不断发展和应用领域的不断扩大,其对战场军事人员和各种光电传感器的威胁日益严重^[1~3]。飞行员在飞行中时常会遇见眩光而导致眩光失明,使视觉功能下降。其中在军事装备中常用的 Nd:YAG 激光器(发射 1060 nm 波长激光)及倍频 Nd:YAG 激光器(发射 530 nm 波长激光)发射的激光对人眼损伤非常严重^[4,5]。为此研制一种能够有效防护 530、1060 nm 波长激光和一定波长范围眩光的防护材料日益紧迫。以塑料为基材的激光防护材料具有抗冲击性良好、质量轻、成型加工容易等优点,特别是以聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)为基材,掺入防激光、防眩光吸收剂的防护材料具有较高的冲击性能,较好的透明性和良好的防激光、防眩光性能。因此,笔者以 PMMA 为基材,研制出一种能够有效防护 530、1060 nm 波长激光和 500 ~580 nm 波长范围眩光的防护材料,并对其应用性能进行了研究。

1 实验部分

1.1 原材料

PMMA:207 型(镜片级),台湾奇美股份有限公司;

防激光、防眩光吸收剂:IR530、IR580、IR1065,自制;

防紫外老化剂:UV-1,市售。

1.2 仪器及设备

注塑机:CJ80M3V 型,震德塑料机械厂有限公

司;

搅拌机:自制;

分光光度计:UN-3101PC 型,日本岛津公司;

简支梁冲击试验机:XJJ-50 型,承德市试验机厂;

静态样架氙灯老化试验机:Q-SUN 型,美国 Q-Paner 公司;

激光测距仪:LS206 型,光源类型 Nd:YAG,发射波长为 1060 nm,输出能量大于等于 5 mJ,常州市莱赛光学技术/激光工程有限公司。

1.3 试样制备

按比例将 IR530、IR580、IR1065 与 PMMA 粒料在搅拌机中混合均匀后,在 120℃下干燥 8 h 脱去 PMMA 粒料所吸收的水分,然后在注塑机上于 200℃进行注射成型,制得厚度为 2.5 mm 的平片状和飞行员头盔用镜片状的防激光、防眩光 PMMA 试样。

1.4 性能测试

光透过率在 400 ~1200 nm 的波长范围内测试;冲击强度按 GB/T 1043-1993 测试,试样尺寸为 120 mm ×15 mm ×10 mm;耐紫外老化性能用静态样架氙灯老化试验机进行试验,黑标温度 65℃,光强度 0.68 W/m²,发射光波长 340 nm。

2 结果与讨论

2.1 防激光、防眩光 PMMA 材料的防护性能

图 1 示出防激光、防眩光 PMMA 材料的吸收光谱曲线。由图 1 可以看出,该 PMMA 材料可以同时防护多个波段的激光,对 530、1060 nm 波长的激光

^{*} 国防科工委民口配套项目(MKPT-02-008)、江苏省“青蓝工程”资助项目

收稿日期:2005-05-08

和 500 ~580 nm 波长范围的眩光都有很强吸收。该防激光、防眩光 PMMA 材料对 530 nm 波长激光的透过率为 0.01%, 对 1060 nm 波长激光的透过率为 0.02%, 其吸收强度完全可以满足激光防护的要求。对 500 ~580 nm 波长范围眩光的透过率小于等于 0.1%, 这表明该种材料能非常好地防护 500 ~580 nm 波长范围内的眩光对人眼的伤害。同时, 该材料又有一定的可见光透过率, 在可见光区最大的透过率为 18%。

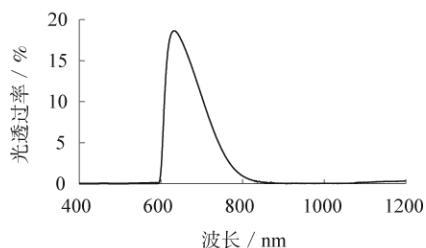


图 1 防激光、防眩光 PMMA 材料的吸收光谱曲线

2.2 防激光、防眩光 PMMA 材料的力学性能

用于军事的激光防护装置主要是激光防护面罩和激光防护目镜, 因此对防护材料的力学性能有一定的要求, 最主要的是材料的冲击强度。冲击强度是评价材料抵抗冲击的能力或判断材料脆性或韧性程度的一个指标。材料的力学性能除了与材料本身的成分、结构、工艺条件等诸多因素有关外, 还受试验条件的影响。普通 PMMA 材料和防激光、防眩光 PMMA 材料的冲击强度比较如表 1 所示。由表 1 可以看出, 加入防激光、防眩光吸收剂 IR530、IR580 和 IR1065 后 PMMA 材料的冲击强度有所降低, 但变化不大, 能满足防激光、防眩光 PMMA 材料用作激光防护面罩和激光防护目镜时对冲击强度的要求。

表 1 普通 PMMA 材料及防激光、防眩光 PMMA 材料的冲击强度

名称	冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$
普通 PMMA 材料	12.0
防激光、防眩光 PMMA 材料	10.6

2.3 防激光、防眩光 PMMA 材料的耐紫外老化性能

PMMA 材料会在强紫外光照射下发生老化, 从而影响其正常使用, 笔者用静态样架氙灯老化试验机模拟夏季中午最高紫外强度来进行耐老化试验, 结果如图 2 所示。由图 2 可以看出, 当防激光、防眩光 PMMA 材料经过 24 h 的紫外光照射后, 材料的最大可见光透过率由 18% 降为 10%; 对 530 nm 波长激光的透过率仍为 0.01%, 说明防激光吸收剂 IR530 对紫外光的照射是稳定的; 对 1060 nm 波长

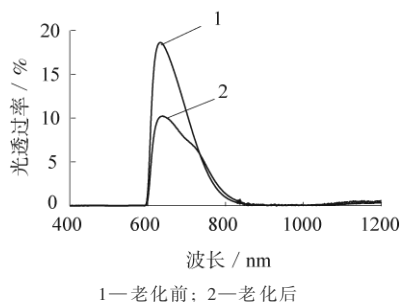


图 2 防激光、防眩光 PMMA 材料老化 24 h 前后的吸收光谱曲线
激光的透过率由 0.02% 变为 0.15%, 说明防激光吸收剂 IR1065 耐紫外光的性能较差。

为了改善防激光、防眩光 PMMA 材料的耐紫外老化性能, 在防激光、防眩光 PMMA 材料中添加了质量分数 0.12% 的防紫外老化剂 UV-1, 材料经紫外光照射前后的吸收光谱曲线如图 3 所示。从图 3 可以看出, 添加了 UV-1 的防激光、防眩光 PMMA 材料在紫外光下照射 72 h 后, 可见光透过率变化较小, 对 530 nm 波长激光的透过率基本没有变化, 保持在 0.01%, 对 1060 nm 波长激光的透过率发生了微小变化, 由 0.02% 变为 0.04%。表明通过添加防紫外老化剂可以很好地改善防激光、防眩光 PMMA 材料的耐紫外老化性能。

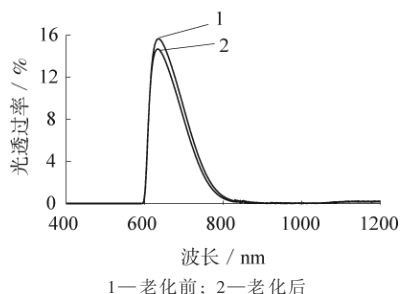


图 3 添加了 UV-1 的防激光、防眩光 PMMA 材料
老化 72 h 前后的吸收光谱曲线

2.4 防激光、防眩光 PMMA 材料的耐激光照射性能

由于激光防护材料尤其是吸收型激光防护 PMMA 材料在受到激光照射时对特定波长激光的吸收会达到饱和, 从而丧失防护能力, 所以防激光 PMMA 材料在投入使用前必须进行耐激光照射试验。上述耐老化性能研究表明, 防激光吸收剂 IR1065 相对不太稳定, 为此笔者主要考察在 1060 nm 波长激光照射下防激光、防眩光 PMMA 材料防护性能的变化。

应用 LS206 型激光测距仪(测量距离为 10 km)对防激光、防眩光 PMMA 材料进行了耐激光照射性能研究。将激光测距仪放在距防激光、防眩光 PM-

MA 材料 1.0 m 处照射 3 min, 分析激光照射对防激光、防眩光 PMMA 材料防护性能的影响。激光照射前后该防护材料的光透过率曲线如图 4 所示。由图 4 可以看出, 激光照射前后光透过率曲线几乎没有变化, 可见光的最大透过率均为 17.5% 左右; 激光照射前后对 530 nm 波长激光的透过率都为 0.01%, 对 1060 nm 波长激光的透过率也都为 0.02%, 说明该防激光、防眩光 PMMA 材料具有良好的耐激光照射性能, 在低能激光(一般的激光制导、激光测距

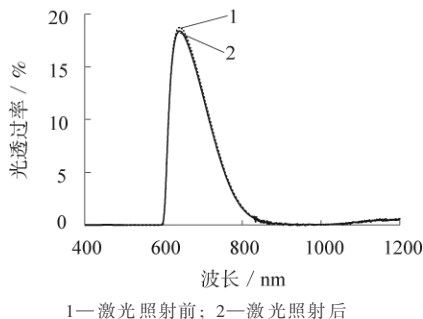


图 4 防激光、防眩光 PMMA 材料激光照射 3 min 前后的吸收光谱曲线

仪、激光目标指示器、激光瞄准仪等) 辐射下材料不会发生过饱和吸收现象而丧失对激光的防护能力。

3 结论

以 PMMA 为基材, 加入防激光、防眩光吸收剂 IR530、IR580、IR1065, 并加入防紫外老化剂 UV-1, 可以制备出性能良好的防激光、防眩光 PMMA 材料。这种材料对 530 nm、1060 nm 波长激光和 500~580 nm 波长范围的眩光有很强的吸收, 并具有较高的冲击强度和良好的耐紫外老化性能, 是一种具有良好应用前景的防护材料。

参考文献

- 1 Anderberg B. Protection and counterm easures against laser weapons. Military Technology, 1993, 5:20
- 2 Fu Wei. The present state of laser protection technology. Applied Optics, 2000, 21(3):12
- 3 Bailey I L, Bullimore M A. A new test for evaluation of disability glare. Optom Vis Sci, 1991, 68(12):911
- 4 Takahashi K. Anti-reflection coating for an infrared transmitting material. USP 4721657, 1998-01-26
- 5 Nong Ningning, Ling Yong. Development status for laser weapons technique. Journal of Electron Devices, 1999, 22(4):299

APPLICATION PERFORMANCE OF LASER AND GLARE PROTECTIVE PMMA MATERIAL

Ding Nan, Wang Bingsheng, Zhang Qitu, Wang Tingwei

(College of Material Science and Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Yang Guofu, Jiang Haibin, Li Mingqi

(Lifesaving Stock of Space Navigation Limited Company, Xiangfan 441002, China)

ABSTRACT A laser and glare protective poly(methyl methacrylate) (PMMA) material which could protect effectively from laser of 530 nm and 1060 nm wavelength and glare of 500~580 nm wavelength was prepared by using PMMA as substrate and laser and glare absorbing agents IR530, IR580, IR1065 as additives. The ability of laser and glare protection, mechanical property and ageing resistance were analyzed. The results showed that the transmission ratio of the laser and glare protective PMMA material was 0.01% at 530 nm wavelength, 0.02% at 1060 nm wavelength, and the transmission ratio at 500~580 nm was below 0.1%. The impact strength of the material was 10.6 kJ/m². The material also showed excellent anti-ultraviolet ageing performance.

KEYWORDS poly(methyl methacrylate), laser, glare, protection, strength, anti-ultraviolet ageing performance

中国塑料制品产量升至世界第二位

据中国塑料加工工业协会最新统计, 2004 年全国塑料制品产量高达 1846.61 万 t, 同比增长 11.98%, 产量升至世界第二位。

另据中国轻工业信息中心统计, 2004 年全国塑料制品行业规模以上企业(全部国有和产品年销售 500 万元及以上非国有独立核算工业企业)共有 9473 家, 同比增长 11%; 工业总产值达 3803.15 亿元, 同比增长 25%; 塑料制品出口量达 1078.43 万 t, 同比提升 22.77%。从企业数量、塑料制品生产及出口量看, 都显示了中国塑料工业持续强劲的发展势头。

玩具、汽车、电子电气、包装、通讯等产业快速成长, 令中

国对塑料原料和塑料机械的需求大增。

(张文)

欧洲热塑性塑料板材市场仍将稳定增长

据加拿大 AMI 公司预计, 2005 年欧洲将生产热塑性塑料板材近 400 万 t。AMI 公司的报告称, 在欧洲塑料工业中热塑性塑料板材市场表现一贯良好, 而且预计在整个 2005 年将继续保持稳定增长。欧洲消费的热塑性塑料板材中近 2/3 用于生产包装材料, 主要是生产热成型食品容器。其中聚苯乙烯将继续主宰热塑包装材料市场。聚氯乙烯在食品行业的好运已经衰减, 但它仍广泛用于生产药品、制药和非食品领域使用的泡罩包装及用于多种工业和建筑行业。板材用聚丙烯的需求自 2000 年以来一直保持 6% 的年增长率。

(童全生)