

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.09.023

汽车内饰件模外装饰用 PMMA 的力学性能*

徐衡

(江西科技学院,南昌 330098)

摘要:为研究汽车内饰件模外装饰材料聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)的力学性能,对PMMA膜材分别在2.5 mm/min (0.001 667 s⁻¹), 5 mm/min (0.003 333 s⁻¹)和10 mm/min (0.006 667 s⁻¹)不同拉伸速率下进行高温[90℃(363 K), 105℃(378 K)和115℃(388 K)]单向拉伸实验,得到了不同条件下的应力-应变曲线。实验结果表明,当加热温度相同时,随着应变速率的增大,PMMA的应力、延伸率和屈服应力也逐渐提升。当应变速率一致时,其屈服强度与应力随着温度的升高而逐渐变小。

关键词:汽车模外装饰;聚甲基丙烯酸甲酯;力学性能;拉伸实验

中图分类号: TQ335.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)09-0104-04

Mechanical Properties of PMMA Used for Automotive Interior Based on Outside Mold Decoration

Xu Heng

(Jiangxi University of Technology, Nanchang 330098, China)

Abstract: Aiming at studying the mechanical properties of automotive interior based on outside mold decoration-polymethacrylate (PMMA), the true stress-strain curves under different stretching velocity of 2.5 mm/min (0.001 667 s⁻¹), 5 mm/min (0.003 333 s⁻¹) and 10 mm/min (0.006 667 s⁻¹) were obtained by uniaxial tensile tests of PMMA plastic sheets at [90℃(363 K), 105℃(378 K) and 115℃(388 K)]. The analysis results show that at the same temperature the stress, tensile ratio and yield strength would increase when the strain rate rise. At the same strain rate, stress and yield strength would also significantly decrease when the temperature rise.

Keywords: automotive outside mold decoration; polymethacrylate; mechanical property; tensile test

模外装饰工艺是模内装饰工艺的延伸,其原理是将热塑性薄膜裁成一定尺寸加热软化后,采用真空高压技术使其变形后覆贴在基材轮廓面上^[1-4]。模外装饰工艺具有传统装饰没有的优势,模外装饰工艺可以对任何材质的外壳进行表面贴膜装饰,其应用范围极为广泛,包括家电产品的控制装饰面板、电子产品的装饰面壳、汽车装饰件的外壳和汽车标志等。薄膜的力学特性会影响模外装饰工艺的质量,而温度和应变速率对其力学特性影响较大^[5-7]。

聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)薄膜是一种硬而高度透明的塑料薄膜,可以透过可见光为92%,紫外光为73%,密度约为1.17 g/cm³,导热系数约为0.209 W/(m·K),比热容为2 344 J/(kg·K),玻璃化转变温度(T_g)约为104℃^[10-11]。PMMA薄膜具有良好的综合力学性能,其力学强度特性非常强,如果在低于 T_g 的环境下进行定向拉伸,则可增强抗冲击特性,同时它具有一定的耐候性。在-50~-60℃和100℃温度附近,其抗冲击特性保持不变,而且具有耐稀酸、稀碱等特性,适用于热压成型工艺,所

以PMMA薄膜是比较优良的汽车内饰件模外装饰基材。程军等^[8]通过对PMMA研究,结果表明其在常温下表现为典型的脆性特性,在冻结温度下表现出塑性特性。Chen Wei等^[9]的研究结果表明PMMA在动态拉伸下的屈服强度小于动态压缩的屈服强度。笔者通过对PMMA进行高温单向拉伸实验,获取相应条件下的应力-应变曲线,以此研究PMMA在不同温度和速率下的力学性能。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PMMA薄膜:广东省东莞市浩铭塑料有限公司。

1.2 主要设备及仪器

电子万能试验机:AG-X型,测量范围:0~300 kN,精度0.5级,最大负荷300 kN,日本岛津公司。

*江西省2013年第五批科技专项(20135BBG70010),江西省2014年第二批科技专项(20142BBE50061)

联系人:徐衡,副教授,主要从事车辆工程及汽车材料研究

收稿日期:2016-07-01

根据塑料拉伸性能实验方法标准 GB/T 1040.1-2006 测试^[12-14], 拉伸标准试样的尺寸如图 1 所示, 采用激光切割方法对 2 mm 的透明 PMMA 膜材进行加工处理。

1.3 实验方法

拉伸实验在电子万能试验机完成。由于本实验是高温拉伸实验, 需对 PMMA 膜材进行加热处理, 因此使用了高温炉及其温度控制器。高温炉能够保证炉内的温度在设定范围之内, 温度控制器中可以设置高温炉上、中、下位置的温度。采用 TRAPEZIUM X 软件设置实验方法 (样品尺寸、拉伸速率等), 它可以记录整个实验过程的数据, 并且可以进行数据处理, 实验时设置应力和应变为输出数据。

PMMA 膜材厚度为 2 mm, 将电子万能试验机的拉伸速率分别设定为 2.5 mm/min ($0.001\ 667\ \text{s}^{-1}$), 5 mm/min ($0.003\ 333\ \text{s}^{-1}$) 和 10 mm/min ($0.006\ 667\ \text{s}^{-1}$), 将温度分别设为 90℃ (363 K), 105℃ (378 K) 和 115℃ (388 K)。

2 结果分析

2.1 实物拉伸分析

按照上述方法分别对 PMMA 膜材进行不同拉伸速率和不同温度的单向拉伸实验, 膜材被拉断之后, 试验机自动停止工作, TRAPEZIUM X 软件记录了整个实验过程的应力-应变数据。图 1~图 3 分别是在温度 90℃ (363 K)、105℃ (378 K) 和 115℃ (388 K) 时不同拉伸速率实验后拉伸试样的实物图。由图 1~图 3 可知, PMMA 在不同温度和不同拉伸速率下, 其拉伸长度和断裂位置各不一样, 由此说明温度和应变速率对 PMMA 的力学性能都有较大影响。

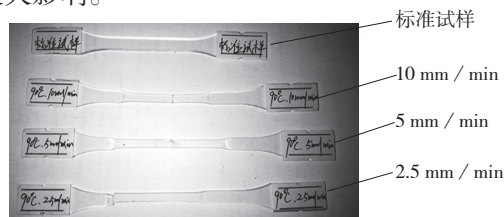


图 1 90℃时不同拉伸速率下拉伸试样实物图

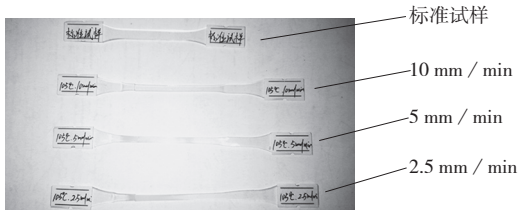


图 2 105℃时不同拉伸速率下拉伸试样实物图

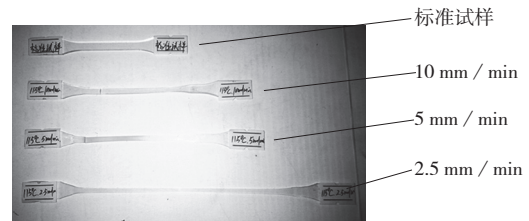


图 3 115℃时不同拉伸速率下拉伸试样实物图

2.2 不同温度的影响分析

图 4~图 6 分别是拉伸速率为 0.001 667, 0.003 333, 0.006 667 s^{-1} 时 PMMA 膜材的应力-应变曲线。

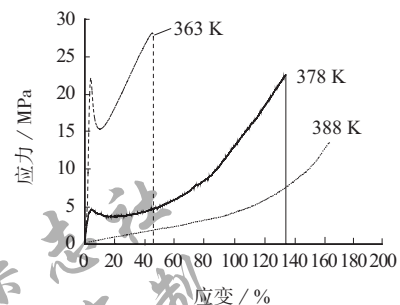


图 4 拉伸速率为 0.001 667 s^{-1} 时 PMMA 膜材的应力-应变曲线

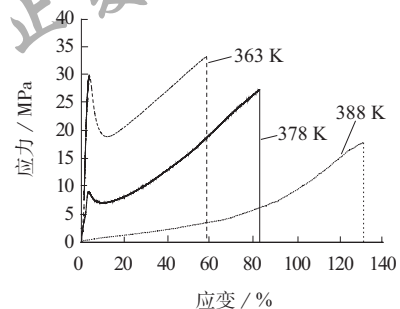


图 5 拉伸速率为 0.003 333 s^{-1} 时 PMMA 膜材的应力-应变曲线

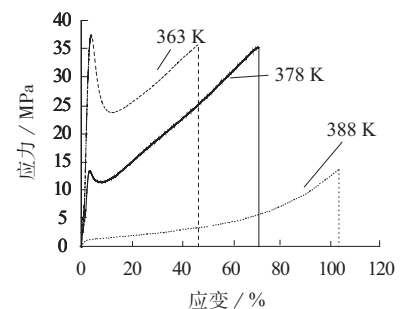


图 6 拉伸速率为 0.006 667 s^{-1} 时 PMMA 膜材的应力-应变曲线

由图 4~图 6 可知, 当加热温度至 363 K, PMMA 膜材会呈现比较明显软化和硬化, 其屈服强度较高, 膜材断裂时其应变均偏小。当加热温度至 378 K, PMMA 膜材的应变软化现象显著减缓, 其硬化现象也随之减弱, 同样屈服强度也显著降低, 膜材断裂其应变偏大。当加热温度至 388 K, PMMA 膜材应变软化现象基本消失, 其应变硬化随之减弱, PMMA 膜材的拉伸比随温度的升高而增大。

由图4~图6可知,当温度低于PMMA的 T_g (104℃)时,其具有明显的屈服和应变软化现象。当温度高于其 T_g 时,其屈服和应变软化性质明显减弱。由图4可知,当应变速率为 0.001667 s^{-1} 时,363 K和378 K下PMMA的屈服强度分别为22.1 MPa,4.6 MPa。由图5可知,当应变速率为 0.003333 s^{-1} 时,363K和378K下PMMA的屈服强度分别为30.1 MPa,8.6 MPa。由图6可知,当应变速率为 0.006667 s^{-1} 时,363K和378K下PMMA的屈服强度分别为37.6 MPa,13.5 MPa。当温度为388K时,PMMA的屈服强度都近似等于零。与此同时可知,随着温度的逐渐升高,PMMA断裂时的应变也越来越大。由图4可知,当温度为363K、应变速率为 0.001667 s^{-1} 时,PMMA断裂时的应变为0.46。由图5可知,当温度为378K、应变速率为 0.003333 s^{-1} 时,PMMA断裂时的应变为0.83。由图6可知,当温度为388K、应变速率为 0.006667 s^{-1} 时,PMMA断裂时的应变为1.04。

2.3 不同应变速率的影响分析

图7~图9分别为加热温度为363,378,388 K时PMMA膜材的应力-应变曲线。由图7~图9可知,当加热温度至363 K,PMMA随着应变速率的提升,其屈服应力逐渐提高。当加热至378 K,随着应变速率的增大,PMMA屈服应力逐渐增大,其拉伸比也逐渐增大,其软化现象随之减小。当加热至388 K,PMMA基本不出现屈服和软化现象,并随着温度增高,其应变和拉伸比也随之增大。

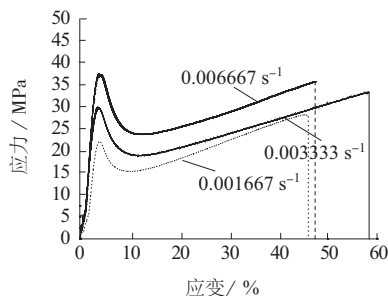


图7 温度为363K时PMMA膜材的应力-应变曲线

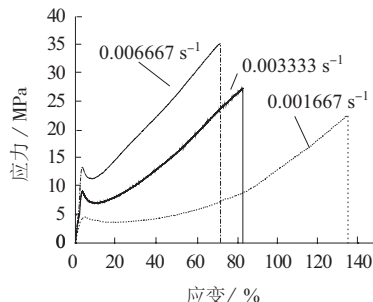


图8 温度为378K时PMMA膜材的应力-应变曲线

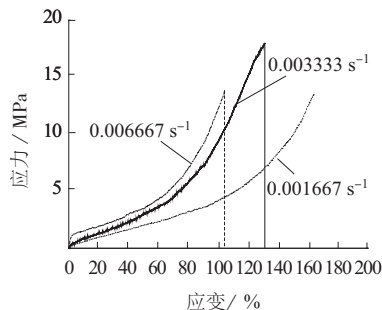


图9 温度为388K时PMMA膜材的应力-应变曲线

通过以上分析可知,在同一温度下,随着应变速率的增大,PMMA膜材的屈服强度也随之增大。在同一温度下,随着应变速率的增大,PMMA膜材断裂时的应变逐渐减小。

3 结论

PMMA薄膜是一种优良的汽车内饰件模外装饰材料,在高温时的力学性能与温度和应变速率关系密切。通过对PMMA膜材进行不同温度和不同应变速率的单向拉伸实验,获得了相应的应力-应变曲线。实验结果表明,当温度低于PMMA的 T_g (104℃)时,其具有明显的屈服和应变软化现象。当温度高于其 T_g 时,其屈服和应变软化性质明显减弱。当应变速率一致时,PMMA膜材的应力软化和硬化现象随温度的提升而逐渐减缓,其屈服应力随之变小。当加热温度一致时,PMMA膜材的屈服应力随着应变速率的逐渐升高而逐渐增大。

参考文献

- [1] 李志刚,贾慧芳,李刚. 基于模外装饰的鼠标贴膜仿真及其工艺参数优化[J]. 中国塑料,2014,28(1):88-92.
Li Zhigang, Jia Huifang, Li Gang. Simulation of film posting of mouse base on out-side mold decoration and its optimization of process parameters[J]. China Plastics, 2014, 28(1):88-92.
- [2] 李志刚,贾慧芳,李刚,等. 基于模外装饰的笔记本贴膜仿真及其工艺参数优化[J]. 塑料工业,2013,41(10):32-36.
Li Zhigang, Jia Huifang, Li Gang, et al. Simulation of film posting of computer base on out-side mold decoration and its optimization of process parameters[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(10):32-36.
- [3] 罗理辉,罗强,李刚,等. 模外装饰设备主体机构系统设计[J]. 中国塑料,2014,28(9):89-93.
Luo Lihui, Luo Qiang, Li Gang, et al. A system design of the main body of the outsid mode decoration equipment[J]. China Plastics, 2014, 28(1):89-93.
- [4] 李志刚,贾慧芳,李刚,等. 鼠标外壳模外装饰贴膜技术工艺参数分析[J]. 工程塑料应用,2013,41(10):32-36.
Li Zhigang, Jia Huifang, Li Gang, et al. Analysis of process parameters in mouse shell film pasting based on outside mold

- decoration[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(10):32-36.
- [5] 陈松茂, 阮锋, 蔡考群. 模内镶件注塑膜片材料力学性能研究 [J]. 现代制造工程, 2009(5):79-82.
- Chen Songmao, Ruan Feng, Cai Kaoqun. Mechanical behaviours of in-mould decoration films[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2009(5):79-82.
- [6] 陈松茂, 阮锋, 蔡考群. 模内镶件注塑膜片的粘弹性本构模型 [J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2009, 37(8):24-28.
- Chen Songmao, Ruan Feng, Cai Kaoqun. Viscoelastic constitutive model of in-mould decoration films[J]. Journal of South China University of Technology: Natural Science Edition, 2009, 37(8):24-28.
- [7] 侯珍秀, 李玉梅, 张楠, 等. 聚碳酸酯膜材中、低温本构模型的建立 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2013, 45(11):38-44.
- Hou Zhenxiu, Li Yumei, Zhang Nan, et al. The establishment of the constitutive equation of polycarbonate at low and medium temperature [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2013, 45(11):38-44.
- [8] 程军, 林治平. 用有机玻璃的记忆性研究塑性变形的应变分布 [J]. 机械强度, 2010, 22(2):1-3.
- Chen Jun, Lin Zhiping. Plastic strain distribution analysed by memory of PMMA[J]. Journal of Mechanical Strength, 2010, 22(2):1-3.
- [9] Chen Wei, Lu Fang, Cheng Ming. Tension and compression tests of two polymers under quasi-static and dynamic loading[J]. Polymer Testing, 2002(21):113-121.
- [10] 吴衡毅, 马钢, 夏源明. PMMA 低、中应变率单向拉伸力学性能的实验研究 [J]. 实验力学, 2009, 20(5):193-199.
- Wu Hengyi, Ma Gang, Xia Yuanming. Experimental study on mechanical properties of PMMA under unidirectional tensile at low and intermediate strain rates[J]. Journal of Experimental Mechanics, 2009, 20(5):193-199.
- [11] 陈松茂. IMD 膜片力学性能及拉伸复合热压成形研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2008.
- Chen Songmao. Research on IMD films mechanical properties and pre-drawing and air-bulging thermoforming[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2008.
- [12] 韩志仁, 刘跃专, 孙伟. 不同温度和应变率下 PMMA 拉伸性能 [J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2009, 28(6):999-1002.
- Han Zhiren, Liu Yuezhuang, Sun Wei. Mechanical behavior of PMMA under different temperatures and strain rates[J]. Journal of Liaoning Technical University: Natural Science, 2009, 28(6):999-1002.
- [13] 邓云飞. PC 和 PMMA 两种高分子材料拉伸试验和数值模拟研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011.
- Deng Yunfei. Tensile test and numerical simulation research on PC and PMMA two kinds of polymer materials[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2011.
- [14] 李玉梅. 聚碳酸酯膜材本构方程建立的实验及数值模拟研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011.
- Li Yumei. Experimental and numerical simulation research on establishing constitutive equation of polycarbonate sheet[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2011.

德国塑料工业上半年发展势头超过预期

2016 年上半年德国塑料工业发展超过预期。据德国 KI (Kunststoff Information) 的调查显示, 在接受访问的公司中, 有 51% 公司业绩与去年下半年相比取得增长。

调查在 6 月访问了来自德语地区的 495 家塑料行业公司: 加工 (53%)、分销和配料 (11%)、材料供应 (7%)、机械 (4%) 以及其它。当被问及与 2015 年下半年比较, 51% 的受访公司表示, 2016 年上半年业绩更好, 34% 表示差不多, 只有 15% 表示业绩比较差。对于 2016 年下半年业绩展望, 46% 的受访公司预计会和上半年差不多, 预计结果会更好和更差的所占比例分别为 37% 和 17%。就行业而言, 塑料消费产品的制造商对于 2016 年下半年持较强乐观态度, 三分之二的受访公司预计会有相对增长。相反, 加工行业内保持乐观所占比不到 40%。与此同时, 66% 的受访公司预计其中短期投资计划不变, 19% 的受访公司会增加投资。

此外, 对中国塑料工业的看法, 根据调查, 39% 的受访公司表示在中国进行采购, 另有 4% 表示正准备这样做, 而 27% 的德国塑料行业公司也在中国制造产品。

至于在中国开展活动的战略意义, 比较多的材料供应商

和机械制造商表示, 中国是重要或极为重要的市场。对于中国公司在德国和欧盟国家的收购和直接投资活动越来越活跃, 根据调查, 有一半的受访公司认为这是一个负面趋势, 仅有 5% 的受访公司认为这是一个积极的信号。45% 对此保持中立或者无看法。绝大多数受访者普遍担忧这种趋势造成技术“抛售”的威胁 (占 70%)。另一个反应是中国应该便利欧盟的回报投资 (60%)。一些受访者则认为, 被收购的公司会更好进入中国市场 (40%)。

(中塑在线)

塑料瓶装饮用水不安全, 长期使用对身体有害

科学家经研究发现, 用塑料容器盛装饮用水对人体健康不利。为确定用塑料容器盛装饮用水是否会对人体造成不良影响, 专家们对将近 1500 名志愿者的身体健康状况进行了跟踪研究, 这其中包括孕妇和处于青春期的少年。在 1500 名参与调查的志愿者中, 95% 的调查参与者的尿液中均发现了有毒物质双酚 A。专家称, 双酚 A 若在人体内大量积累将会引发心血管疾病、肥胖和抑郁症等疾病, 甚至还会对人体相关激素的分泌产生不利影响。此外, 研究还发现, 如果这些尿液中被发现有毒素双酚 A 的人四天内不饮用塑料容器盛装的饮用水, 则该毒素的数量将会减少两倍。

(中国聚合物网)