

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2012.06.023

基于连续视频的 HDPE 发泡材料蠕变性能试验方法研究

陈林林, 李俊源, 姜献峰, 杨德伟, 饶聪超

(特种装备制造与先进加工技术教育部/浙江省重点实验室(浙江工业大学), 浙江 杭州 310014)

摘要:提出了一种适用于复杂工况下基于连续视频的非接触式应变检测方法,对高密度聚乙烯结构发泡材料进行蠕变特性试验研究。通过记录试样上标记的像素变化来确定试样的伸长量,从而得到试样的蠕变变形量,最终得到高密度聚乙烯材料在自然条件下的蠕变规律。该方法能够记录试样的连续变化情况。图8表1参9

关键词:高密度聚乙烯;结构发泡;连续视频;非接触式应变检测;蠕变

中图分类号:TH823 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2012)06-0082-04

Test Method Research on Creep of HDPE Structure Foam Material Based on Continuous Video

CHEN Linlin, LI Junyuan, Jiang Xianfeng, YANG Dewei, RAO Congchao

(Key Laboratory of E&M (Zhejiang University of Technology), Ministry of Education & Zhejiang Province, Hangzhou 310014, China)

Abstract: This paper presented a non-contact strain measurement method based on the continuous video which used to study creep characteristics of high density polyethylene structure foam material sample in complex conditions, through the sample marked pixel changes to determine sample elongation, thus to get the specimen's creep deformation. Finally get the creep law of a high density polyethylene material under natural conditions. This method is able to record continuous changes of the length of the sample. [Ch, 8 fig. 1 tab. 9 ref.]

Key words: high density polyethylene (HDPE); structure foam; continuous video; non-contact strain measure; creep

0 引言

发泡塑料是根据特殊发泡工艺制作而成的多胞工程材料,由于其相对密度低,比模量、比强度优良,具有良好的绝热、隔音、抗化学腐蚀等物理化学性能^[1],受到工程界的普遍重视,应用越来越广泛。同时发泡塑料是一种理想的轻质材料和能量吸收材料,较高密度的发泡塑料还可以作为结构材料使用,典型的应用就是物流用塑料托盘。为了对物流托盘的使用情况进行CAE分析以确定其薄弱部位,同时对托盘所用材料的变形和破坏规律以及结构和性能的关系进行研究以实现其强韧化改性,需要得到托盘材料的力学参数,因此需要得到其应力应变关系。文中提出了一种连续视频方法,对托盘所用高密度聚乙烯结构发泡材料的蠕变

性能进行试验研究,通过连续视频图像,能够实时记录变形情况,更加直观地展示材料的蠕变过程,得到一定时间内连续的应变变化,所得数据连续分布。

1 试验目的及要求

现在常在塑料注塑成型中引入发泡工艺,用来降低大规模塑料制品塑料用量,提高制品的机械性能。塑料的发泡一般分为微孔发泡和结构发泡^[2],结构发泡注塑成型塑料制品,具有光滑密实的外表面,面内层是结构泡沫塑料。在实际生产中,结构发泡注塑受注射速度,发泡剂的特性和用量,气泡在制品中的生长过程等因素的影响,发泡过程中泡体形状难于控制,不同部位发泡率变化很大,泡孔尺寸也有很大的不同,得到的泡沫塑料很难达到均质的要求,如图1所示,图中

收稿日期:2012-05-15;修回日期:2012-06-13

作者简介:陈林林(1987),男,山东泰安人,浙江工业大学机械制造及其自动化专业在读硕士研究生,主要研究方向为先进制造技术。E-mail:springcell87@hotmail.com

(b)、(c)、(d)、(e)是托盘不同部位同比例大小的发泡结构图,通过结构发泡注塑成型生产的产品不同位置发泡率差异很大。目前国内外学者主要是针对均匀泡沫塑料的力学性能展开研究,对于结构发泡材料的研究较少,且大多停留在原料改性,制品合成和改进加工工艺上。常用的塑料托盘材料为结构发泡材料,所以需要对其结构发泡的应力应变关系进行研究。

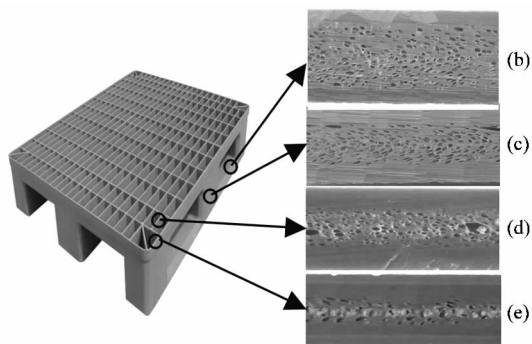
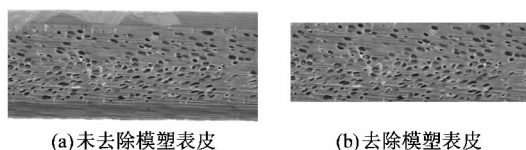


图1 塑料托盘及不同部位发泡图

Figure 1 Plastic tray and foam in different parts

文中所用塑料托盘材料为高密度聚乙烯(HDPE)结构发泡材料,塑料托盘在多数情况下处于静态压载状态,在长期使用中经常会因为弯曲过大而影响托盘的使用,过度的弯曲在很大程度上是由于蠕变引起的,为了解决其在应用中变形量过大的问题,对其拉伸蠕变行为进行研究从而得到单轴拉伸蠕变规律。对金属的应变测量主要采用机械式引伸计和应变片,一般仅在关键位置布置,所测试验数据分散,不能得到一段时间内应变连续变化数据,主要适用于在试验室进行小应变测量。然而注塑生产的托盘在物流仓储中要承载较长时间,温度和现场条件不断变化,在试验室模拟比较困难,采用机械式引伸计与应变片进行检测的方式不再适用。因此文中采用连续视频方法进行应变检测。

在硬质泡沫塑料性能测试的国家标准^[3]中,试样为均质泡沫塑料,试样的制备要去掉模塑表皮,而实际使用中的结构发泡塑料非均质带硬皮泡沫塑料,不同的部位硬皮厚度也有可能不同,如图2所示,因此标准中的试样不适用于此处。由于托盘不同部位发泡程度不同,在受载时其应变响应也不同,需要分别进行研究,实验所用试样是用机加工的方法从托盘不同部位切割下来的矩形试样,切割部位包括顶铺板、底铺板和边板。为了便于图像的处理,选用的试样没有添加染色剂,颜色为乳白色,如图3所示。



(a)未去除模塑表皮 (b)去除模塑表皮

图2 去模塑表皮和未去模塑表皮试样

Figure 2 Do and do not remove the molded surface samples

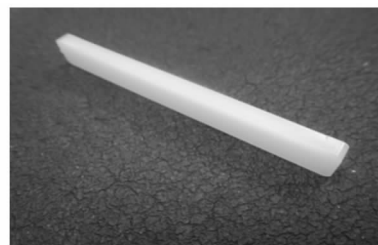


图3 试验所用试样

Figure 3 Test specimen

2 高密度聚乙烯发泡材料蠕变试验系统

连续视频图像蠕变量测试系统如图4所示。其主要工作原理是将被测试样置于颜色均匀的背景前,利用CCD^[4]采集被测试样图像,供计算机系统离线处理,对图像进行处理和分析,按一定的算法求出被测物体的位移变化。试验中主要量测试件上的标记在恒力作用下随时间变化所产生的相对位移量,试样尺寸的变化同图像上标记间的距离变化成线性比例关系。

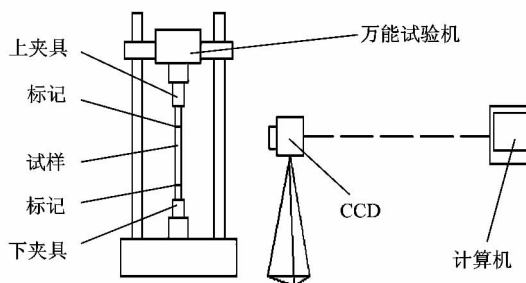


图4 连续视频图像蠕变量测试示意图

Figure 4 Diagram of continuous video creep deformation measurement system

该测试系统由硬件系统和软件系统组成,即视频图像的采集部分和视频图像的处理和分析部分。

2.1 硬件系统

硬件系统主要由以下几部分组成:

- 1) 图像采集系统。CCD、电源;
- 2) 照明系统。LED光源;
- 3) 加载系统。万能试验机;
- 4) 数据采集系统。计算机;

5) 其他设备。试样、背景板^[5]。

2.2 软件系统

视频图像的处理是利用图像测量原理和图像处理的各种技术,计算出物体的几何参数,并按要求的形式显示。主要包括图像标记提取、系统标定以及应变计算。

由于采集到的原始图像具有噪声,所以先对原始图像进行预处理,采用中值滤波滤除噪声,然后经过图像灰度化、二值化处理,用 Sobel 算子提取标记边缘轮廓^[6],对标记用最小二乘法进行直线拟合,得出直线解析式。根据两条直线之间的距离公式计算它们之间的像素距离^[7]。由于两条标记拟合后的直线可能不平行,文中采用一条直线上好多点到另一条直线的距离的平均值来近似计算两条标记之间的距离。视频图像处理流程如图 5。

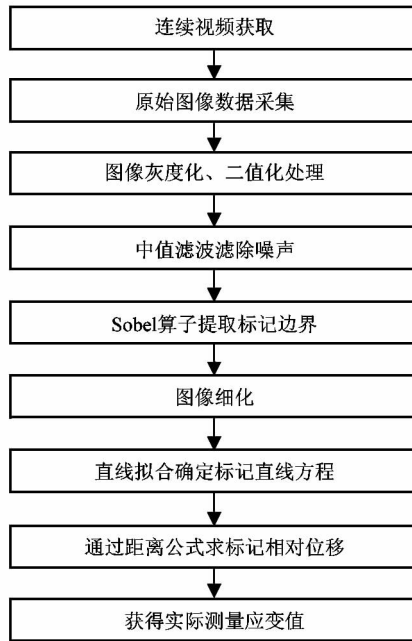


图 5 视频图像处理流程图

Figure 5 Flow chart of video image processing

对得到的连续视频,应用动态图像分解程序对其进行分解,从含有 N 帧的连续视频中间隔 Δt 时间 (Δt 的取值根据数据处理的精度要求合理的选取) 提取一张静态图像,依次对顺序取得的每张图像进行处理^[8],静态图像主要处理步骤如图 6 所示。对图像进行二值化处理后,再进行如下的操作:首先根据加载完成后的初始图像,求得标记在垂直方向上所占据的像素数量 q_0 ,据此可根据公式 $s = \text{dist}_0/q_0$ 求得标定系数,其中 dist_0 为试样未变形时两条标记间的初始距离,此处为 100 mm,前后图像的标定系数不变。当试样变形时,它在摄像机里的成像会相应的移动,可求出此时 2

条标记所占据的像素数量 q_1 ,并据此计算出两条标记间的距离 dist_1 : $\text{dist}_1 = s * q_1$,则该图表示的试样的变形量为: $\text{disp} = \text{dist}_1 - \text{dist}_0$,得到试样的工程应变为: $e = \text{disp}/\text{dist}_0$ 。

由于发泡塑料变形量较大,此处采用对数应变,以减小误差。对数应变 ε 与工程应变 e 的对应关系为: $\varepsilon = \ln(1 + e)$ 。

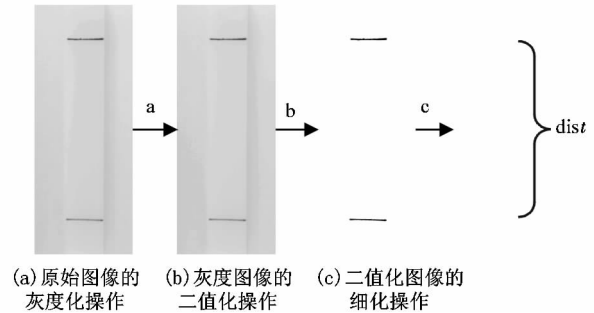


图 6 图像处理过程

Figure 6 Image processing process

从图 6 可以看出,试样与背景偏白色,导致图 7 所示灰度图像直方图中灰度等级高的区域较小,灰度等级低的区域较大,取黑白临界点作为二值化处理所用阈值。

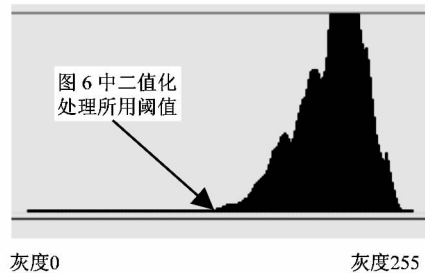


图 7 灰度图像直方图

Figure 7 Gray-scale image histogram

3 模型试验及结果分析

采用上述系统对试样进行测量试验,测量结果如表 1 所示。

表中时间为 0 时的应变为瞬时弹性应变,对以上测量数据采用数学回归方法进行处理。Kelvin 模型^[9]能够很好地体现高聚物的蠕变现象,图 8 中的虚线是采用 Kelvin 模型拟合该材料蠕变的结果。拟合形式为

$$\varepsilon(t) = A + B \exp(-t/C) \quad (1)$$

式中: A, B, C 为回归系数,各参数的值为 $A = 0.0153$, $B = -0.0021$, $C = 1917.4925$ 。

分析图 8 可以看出, Kelvin 模型对于模拟该发泡材料的蠕变不是很理想,所以对 Kelvin 模型进行修

正,修正后的形式为

$$\varepsilon(t) = A + (B + Ct) \exp(-t/D) \quad (2)$$

式中: A, B, C, D 为回归系数,修正后的 Kelvin 模型拟合结果如图 8 中实线所示。各参数的值为 $A = 0.027 6$, $B = -0.003 08$, $C = 217.492 3$, $D = 1 524.306 8$ 。

表 1 蠕变测试数据

Table 1 Creep tests measure data

测试时间/s	标记间像素距离 p_x	标记间实际距离/mm	对数应变/ $\times 10^{-4}$
0	1 299	101.284 0	1.276
50	1 306	101.303 6	1.294
100	1 321	101.345 6	1.337
222	1 336	101.387 6	1.378
666	1 346	101.415 6	1.406
1 333	1 356	101.443 6	1.433
2 000	1 360	101.454 8	1.444
2 888	1 368	101.477 2	1.461
4 000	1 376	101.499 6	1.483
5 333	1 382	101.516 4	1.500
6 444	1 386	101.527 6	1.511
8 000	1 392	101.544 4	1.528
9 777	1 396	101.555 6	1.539
11 333	1 400	101.566 8	1.542

从图 8 可以看出,HDPE 发泡材料的一维蠕变明显的分为 2 个阶段,蠕变第 1 阶段应变随时间延续而增加,但增加的速度逐渐减慢;第 2 阶段应变率基本上维持不变,这个阶段经历时间较长。由于所做蠕变试验时间较短,没有蠕变曲线的第 3 个阶段,可以预测,随着时间的延长,该材料也会经历蠕变过程的第 3 个阶段即破坏阶段。同时在试验中我们发现,该材料白天蠕变量较大,在夜晚其蠕变量相对白天有所回缩。即在自然状态下,高密度聚乙烯发泡材料作为结构材料使用时,对昼夜温差有一定的敏感性。

4 结论

在实际的企业应用中对该系统进行大量的试验验证,试验证明本文提出的蠕变测试方法有效可行,测试结果能够满足企业关于塑料托盘蠕变检测精度的要求:

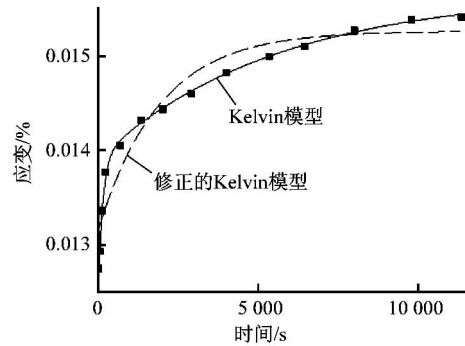


图 8 两种模型拟合所得蠕变曲线

Figure 8 Two model fitting of the creep curve

1) 得到了高密度聚乙烯结构发泡材料在自然条件下的蠕变规律,修正的 Kelvin 模型能很好的模拟其蠕变特性,其一维蠕变明显的分为两个阶段,为产品的研发及力学性能分析提供了理论依据。

2) 连续视频图像记录的信息量比传统的方法大得多,可保存试验过程中任意瞬间的试验状态,供以后深入研究分析。

3) 在应用过程中,测量的精度会受到光照强度、光学系统畸变等因素的影响,在进行数据分析时要通过必要的手段加以修正。

参考文献 (References):

[1] 卢子兴,王仁,黄筑平. 泡沫塑料力学性能研究综述[J]. 力学进展,1996,26(3):306-323.

[2] 陈勋法. 塑料注塑成型-结构发泡[J]. 橡胶技术与装备,2004,30(7):24-27.

[3] 中国石油和化学工业协会. GB/T 11546.1-2008 塑料蠕变性能的测得[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[4] 王庆有. CCD 应用技术[M]. 天津:天津大学出版社,2000.

[5] 高宏阁. 视频引伸计研发[D]. 天津:天津大学,2005.

[6] 章毓晋. 图象处理和分析[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[7] 张建荣. CCD 成像在线测量玻璃棒直径的方法研究[J]. 应用光学,2004,25(3):53-56.

[8] 廖立平. 视频图像位移测试实验系统[J]. 湘潭大学学报:自然科学版,2004,26(2):88-91.

[9] 杨挺青. 粘弹性力学[M]. 武汉:华中理工大学出版社,2002.

[10] 孙建锋,吴中华. 不同编烟方式对烤烟烘烤成本及经济性状的影响[J]. 江西农业学报,2011,23(1):24-27.

[11] 博奔创作室. ANSYS9.0 经典产品基础教程与实例详解[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.

[12] 张汝坤,章龙生,谢昆. 烤烟烘烤技术及其设备的研制[J]. 农机化研究,2002(1):95-96.

[13] 徐成龙,贺帆,周琳. 专业化烘烤烤烟设备及工艺转变研究进展[J]. 浙江农业科学,2011(3):601-605.

(上接第 81 页)

参考文献 (References):

[1] 王脱霖,王建新,周绍松,等. 优质烤烟采摘、烘烤技术要点[J]. 科技创新导报,2008(6):194.

[2] 刘光辉,袁荣邦. 我国烤房及烘烤技术研究进展[J]. 作物研究,2011,25(1):76-80.

[3] 成大先. 机械设计手册[M]. 5 版. 北京:化学工业出版社,2008.

[4] 徐秀红,王林立,王传义. 密集烤房不同装烟方式对烟叶质量及效益的影响[J]. 中国烟草科学,2010,31(6):72-74.

[5] 谢已书,邹焱,李国彬,等. 密集烤房不同装烟方式的烘烤效果

[安装·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2012.06.024

现代高速并条机的自动换筒技术

柳威¹, 梅顺齐^{1*}, 徐斯云², 席程琳¹, 郝瑞欣¹

(1. 武汉纺织大学 机械工程与自动化学院, 湖北 武汉 430073;
2. 天门纺织机械有限公司, 湖北 天门 431700)

摘要:作为并条机自动化的关键技术之一,自动换筒技术对现代高速并条机工作效率的提高有十分重要的影响。介绍了常用的后进前出式、前进前出式以及旋转式自动换筒的工作原理,着重对其结构特点进行了比较分析;介绍了立达RSB-D221的新型自动换筒装置;在此基础上提出了高速并条机自动换筒技术的一些改进思路:换筒装置相互独立,避免相互干扰;采用后进前出式,减小机器占地面积;利用上下圈条盘独立传动的特点设计积极式断条装置。图10表2参10
关键词:高速并条机;自动换筒;自动断条;后进前出式

中图分类号:TS112.7 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2012)06-0086-06

Automatic Can Change of the Modern New High-Speed Drawing Frame

LIU Wei¹, MEI Shunqi¹, XU Siyun², XI Chenglin¹, HAO Ruixin¹

(1. School of Mechanical Electrical Engineering and Automation, Wuhan Textile University, Wuhan 430073, China;
2. Tian Men Textile Machinery Co., Ltd., Tianmen 431700, Hubei, China)

Abstract:As one of the key technologies on the drawing frame's automation, automatic can change has greatly affected on enhancing the work efficiency of modern high-speed drawing frame. This paper introduced the working principle of the common used automatic can change, such as: back in front out, front in front out and rotary. And focuses on the analysis and comparison of it's structural features. Introduced the new automatic can change on Rieter RSB-D221 drawing frame; put forward some measures for automatic can change improvement: to avoid mutual interference by independent can change's structure; to use the back in front out automatic can change to reduce the area of machine; to use the characteristics of can coiler's independent transmission to design a positive automatic sliver separator. [Ch, 10 fig. 2 tab. 10 ref.]

Key words:high-speed drawing frame; automatic can change; automatic sliver separator; back in front out automatic

0 引言

并条在纺纱工艺流程中是瓶颈工序之一,是最后一道有并合作用,并且能改善条干不匀率和重量不匀的关键工序^[1]。现代并条机作为并条工序的生产装备,已广泛应用自动控制技术,使棉条质量和出条速度得到大幅度提高。

随着牵伸元件质量的提高,以及自调匀整、在线监测等技术发展,为并条机的高速化打下了坚实的基础。目前并条机的出条速度已由1950年的30 m/min发展至2010年的1 100 m/min,提高约40倍^[2],高速化使

得并条机的满筒时间大幅缩短而换筒频次大幅增加。

为减少并条机的换筒次数和后续工序的接头数量,并条机输出条筒直径从早期的 $\varnothing 250$ mm条筒增加至 $\varnothing 300 \sim \varnothing 600$ mm(除转杯纺用 $\varnothing 200 \sim \varnothing 250$ mm小条筒外),国外最高则达到 $\varnothing 1\ 000$ mm;采用气压增容、底盘升压控制等方法增加棉条容量以及Trützschler、Rieter公司推行的矩形棉条筒(适应转杯纺需要,同样占地面积,容量可加大20%)等措施都使棉条容量大幅增加^[3-4],从而使落筒时的条筒质量大幅增加。

上述发展在提高并条机工作效率的同时,大幅增

收稿日期:2012-05-01;修回日期:2012-05-20

基金项目:国家科技支撑计划项目(2009BAF39B01);湖北省数字化纺织装备重点实验室开放项目(DTL200910)

作者简介:柳威(1987),男,湖北宜昌人,硕士研究生,主要研究方向为新型纺织机械。E-mail:wliu@wtu.edu.cn。通信作者:梅顺齐(1966),男,教授、博士生导师。主要研究方向:纺纱机械及其机电一体化, E-mail:meishunqi@vip.sina.com