

济南兰光机电技术有限公司

中国济南无影山路 144 号 (250031)

总机: (86) 0531 85068566

传真: (86) 0531 85062108

E-mail: marketing@labthink.cn

网址: <http://www.labthink.cn>

FST-02 薄膜热缩性能测试仪测量结果比较研究

郝文静¹, 王望舒², 周伟芳¹

(1. 济南兰光机电技术有限公司, 济南 250031;

2. 国家包装产品质量监督检验中心(济南), 济南 250102)

摘要: 目前, 国内包装行业多数采用恒温油浴和烘箱来进行薄膜收缩率的检测, 而较少测试收缩力值, 对 ISO 14616-1997 与 DIN 53369-1976 等国际、国外的标准也知之甚少。文章介绍了常用的收缩率测试标准, 并重点介绍 ISO 14616 与 DIN 53369 收缩力值的测试方法; 采用 ISO 14616 的方法通过试验对低密度聚乙烯 LDPE、非结晶型共聚酯 PETG、单向拉伸聚苯乙烯 OPS、多层共挤聚烯烃 POF 和双向拉伸聚丙烯 BOPP 五种材料进行测试。试验表明, 通过该方法不仅可以检验聚乙烯、乙烯共聚物及其混合物的收缩性能, 也可检验其他热收缩膜的收缩性能。

关键字: 收缩膜; 热缩力; 冷缩力; 收缩率; ISO 14616

Comparative study of test results of FST-02 Film Thermal Shrinkage Tester

HAO Wen-jing¹, WANG Wang-shu², ZHOU Wei-fang¹

(1. Labthink Instruments Co., Ltd., Jinan 250031;

2. National Supervision and Inspection Center for Packaging Product Quality (Jinan), Jinan 250102)

Abstract: Currently, heatings by oil-bath and oven are majority methods used in domestic for packaging industry to test the shrinkage ratios of plastic films, but the shrinking force and contracting force is less to be measured. Few enterprises are familiar with the standard of ISO 14616-1997, DIN 53369-1976 and other ones for the plastic shrinkage ratio measurement in the world. The article introduces the common shrinkage testing standards, and focuses on the testing method of shrinking force and contracting force obtained through ISO 14616 and DIN 53369. LDPE, PETG, OPS, POF and BOPP were used in this experiment. The results show that ISO 14616 is available

ble for the measurement of shrinkage properties of polyethylene, ethylene copolymers and their mixtures as well as other heat-shrinkable films.

Key words: shrinkable film; shrinking force; contracting force; shrinkage ratios; ISO 14616

热收缩膜包装是目前广泛使用的一种包装形式,具有包装紧实、透明美观、适应性强等特点,常用于饮料、日化、烟草、肠类等产品的包装。热收缩膜属于高分子材料,收缩原理为高温拉伸时,分子链段在拉伸方向上取向,无序卷曲的分子链段进行有序排列,当温度急速降低时,分子链段取向结构与内应力被“冷冻”,当高聚物再次被加热到拉伸时的温度时,分子链段发生解取向,恢复到无序卷曲形态,宏观上即表现为热收缩^[1]。收缩力与收缩率是判定收缩性能好坏的主要指标,目前常使用恒温油浴和烘箱对材料收缩性能进行测试。

1 检验标准

1.1 采用恒温油浴测试

采用恒温油浴对收缩性能进行测试,具有代表性的国家标准有GB/T 19787-2005《包装材料 聚烯烃热收缩薄膜》和GB/T 13519-1992《聚乙烯热收缩薄膜》。测试方法为采用 $120 \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温油浴将试样加热一定的时间后取出,冷却后测量材料横纵向尺寸的变化,以此计算薄膜收缩率^[2,3]。计算公式如下:

$$S = \frac{(L - L_0)}{L_0} \times 100\%$$

式中: S为收缩率(%); L_0 为加热前试样的长度(mm); L为加热后试样的长度(mm)。

该方法的优点是油浴温度控制稳定,能较好地控制薄膜收缩率检验环境,结果可靠。但是该方法只能用于检验收缩率,而无法测试收缩力值。

1.2 采用烘箱测试

GB/T 10003-2008《普通用途双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜》、GB/T 16958-2008《包装用双向拉伸聚酯薄膜》和GB/T 15267-94《食品包装用聚氯乙烯硬片、膜》中规定利用烘箱对薄膜的收缩率进行测试。即将试样放入恒温烘箱中,在一定温度下加热一段时

间后, 取出冷却, 测量试样横纵向尺寸的变化, 计算收缩率^[4,5,6], 公式与采用恒温油浴测试的相同。

该方法较少用于收缩膜测试, 一般用于测试拉伸型薄膜的收缩率。另外, 该方法无法测试收缩力值。

1.3 其他

1.3.1 DIN 53369-1976 标准

DIN 53369-1976 (以下简称DIN 53369)《塑料薄膜检验方法 收缩力的测定》中采用无行程力学测试装置测试试样收缩力, 该标准专门用于测定塑料薄膜的收缩力值^[7]。此标准中, 收缩力值是指在薄膜受热后所产生的力值, 测试时需将试样夹持在固定夹具间, 夹具不得因受到收缩力值而产生位移, 否则将使测试值变小。该标准可测试塑料薄膜的最大热收缩力、一定温度下的收缩力、冷却到室温后的收缩力和与时间有关的收缩力。其中, 冷却到室温后的收缩力即冷缩力, 是指从加热腔中取出试样后 20min的收缩力值。该标准方法可检测试样的收缩力, 但未规定收缩率的测试方法。

1.3.2 ISO 14616-1997 标准

ISO 14616-1997 (以下简称ISO 14616)《塑料 聚乙烯、乙烯共聚物及其混合物的热收缩薄膜. 收缩应力的测定》规定了试样的热缩力、冷缩力、热缩应力、冷缩应力与收缩率的测试方法^[8]。对收缩力的测试采用无行程力学测试装置, 测试原理与DIN 53369一致。该标准中对冷缩力的定义与DIN 53369不同, 指的是试样从加热腔中取出后冷却过程中出现的最大收缩力。

ISO 14616 采用位移法测试薄膜的收缩率, 即采用高精度位移传感器, 精确测量因塑料薄膜收缩而使夹具产生的位移量。收缩率计算公式为:

$$\text{收缩率} = \frac{\text{加热后试样长度的减小值}}{\text{加热前试样的长度}} \times 100\%$$

该标准是现阶段唯一同时规定收缩力与收缩率测试方法的标准。

2 试验

目前,我国国家标准中没有与 ISO 14616 类似的检验方法,该方法在实际中应用也不是很广泛,但随着收缩膜技术的发展,对此类薄膜收缩性能的测试要求将越来越全面与严格,该方法必将得到更广泛的发展与应用。然而,ISO 14616 主要针对聚乙烯、乙烯共聚物及其混合物而制定,其标准曲线也具有一定的针对性,不能作为评判其他薄膜收缩率特性的标准。

本文采用 ISO 14616 中所述方法,对常见收缩膜收缩力与收缩率进行检验,验证该方法对其他常见薄膜热收缩性能测试的可行性。

2.1 试验材料

低密度聚乙烯 LDPE、非结晶型共聚酯 PETG、单向拉伸聚苯乙烯 OPS、多层共挤聚烯烃 POF 和双向拉伸聚丙烯 BOPP。

2.2 试验仪器

本次试验采用济南兰光机电技术有限公司的 FST-02 薄膜热缩性能测试仪,可用于检测薄膜的热缩力、热缩应力、冷缩力、冷缩应力、收缩率等热缩性能。

2.3 试验方法与结果

测试前先将试样在标准环境 (23℃ 50%RH) 中调节 24h,然后将试样裁为 15mm 宽,120~150mm 长的试样条。将试样一端固定在夹具上,另一端固定在力值传感器 (收缩率工位固定住位移传感器上),通过试样夹持装置将试样送入已预热到试验温度的试验腔中进行测试。仪器自动检测试样的热缩力、冷缩力、收缩率等性能,并计算热缩应力与冷缩应力。

2.3.1 热缩力与冷缩力的关系

在标准要求的温度下,测试试样的热缩力、冷缩力与收缩率。根据 ISO 14616 要求,在该试验温度下,最大热缩力值应出现在 15~30S 之间。LDPE、OPS、POF 和 BOPP 材料分别检测六组,每种材料的试验结果平均值见表 1:

表 1 试样热缩性能测试结果 (ISO 14616)

Tab.1 Results for shrinkage property (ISO 14616)

试样名称	试验温度 (°C)	热缩力 (N)	冷缩力 (N)	收缩率 (%)
LDPE	220	0.20	2.36	42.74
PETG	110	4.59	4.03	40.28
OPS	105	2.14	2.86	21.00
POF	150	0.54	0.15	33.44
BOPP	235	2.47	1.09	32.07

比较各材料的热缩力与冷缩力 (如图 1), 可以发现 LDPE 的冷缩力明显大于其热缩力, 其试验结果与 ISO 14616 标准中所示的聚乙烯、乙烯共聚物及其混合物收缩力典型曲线 (如图 2) 一致; PETG、POF 和 BOPP 的热缩力大于冷缩力, 而 OPS 的冷缩力稍大于热缩力。这表明材料的冷缩力与热缩力的大小关系与材料类型密切相关。在 DIN 53369 中也明确说明“不同的薄膜, 冷缩力与热缩力之间的关系是不同的”。因此, 在评判薄膜收缩力值特征时, 应结合材料自身的热缩性能特征, 综合考虑热缩力与冷缩力两个方面的因素。

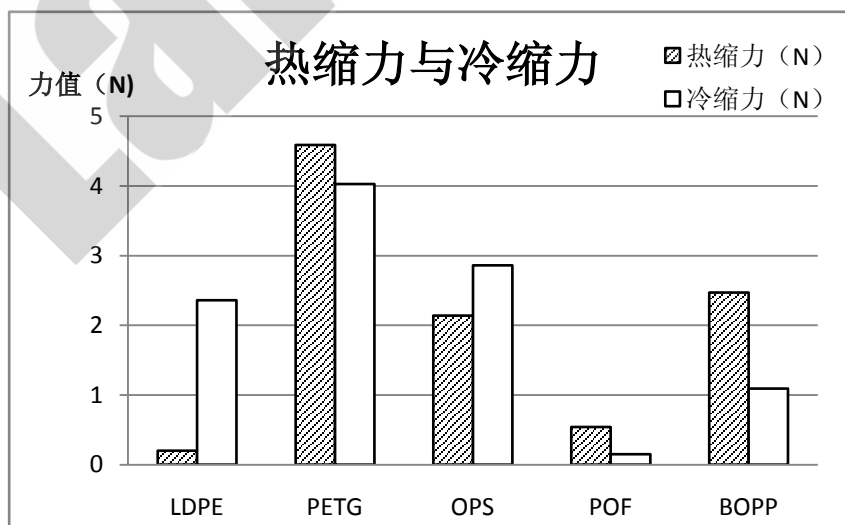


图 1 热缩力与冷缩力比较

Fig.1 Comparison of shrinking force and contracting force

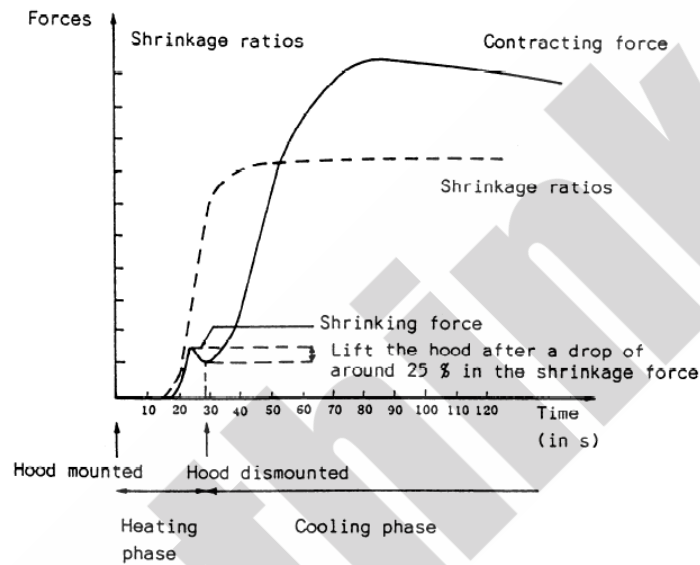


图 2 收缩力与收缩率的测定——收缩现象的典型动力学实例 (ISO 14616)

Fig.2 Measurement of the forces and of the shrinkage ratio-Example of typical kinetics of the phenomena (ISO 14616)

FST-02 薄膜热缩性能测试仪采用空气加热试样, 因加热方式不同, 其收缩率结果不能与采用恒温油浴测试的收缩率结果等同比较。但采用该方法可有效比对不同材料间的收缩率, 为材料加工与选择提供指导与依据。

2.3.2 ISO 14616 与 DIN 53369 冷缩性能测试方法比较

在上述标准介绍中提到 DIN 53369 与 ISO 14616 所指的冷缩力有所不同, 分别为平衡 20min 后的冷缩力值与最大的冷缩力值。本次试验选择 60 μm 的 LDPE 与 PETG, 比较最大冷缩力与 20min 后的冷缩性能之间的关系。

表 2 ISO14616 与 DIN 53369 冷缩性能比较

Tab.2 Comparison of contracting force of ISO 14616 and DIN 53369

试样名称	试验温度 (°C)	热缩力 (N)	冷缩力 (N)	20min 后冷 缩力 (N)	收缩率 (%)	20min 后收 缩率 (%)
LDPE	185	0.21	1.46	1.37	38.95	38.95
		0.22	1.54	1.44	31.58	31.58
		0.20	1.61	1.52	43.16	43.16
PETG	110	8.23	6.61	5.85	42.63	42.63
		8.37	7.05	6.14	35.79	35.79
		8.65	6.74	5.89	43.68	43.68

从试验结果中可以看出, 用 FST-02 正常试验模式测试出的收缩率与在室温平衡 20min 后的收缩率相同。分析原因为, 在材料进入试验腔加热时, 材料分子链段解取向, 试样收缩。在热缩期间, 链段已快速恢复至自然卷曲形态, 进入无序化的热运动平衡态, 故试样在出加热腔后, 其收缩率已稳定。

对于冷缩力, 在试样从加热腔中退出后, 冷缩力会有一个急速的增大过程, 在达到最大值后, 会有小幅的下降。如按照 DIN 53369 测试冷缩力, 其结果会比 ISO 14616 的冷缩力测试值偏小。因此, 这两个标准方法的冷缩力试验结果之间不具可比性。在实际应用中, 可根据材料的实际应用场合选择测试方法, 如冷缩力的最大值对产品包装有较大影响, 则选择 ISO 14616 所示方法进行检验, 反之, 如薄膜冷缩后的常态收紧力值较为重要, 则可选择 DIN 53369。

3 结语

ISO 14616 虽然是针对聚乙烯、乙烯共聚物及其混合物材料提出的收缩性能测试方法, 但其收缩力测试原理与 DIN 53369 相同, 而且收缩率测试结果稳定可靠, 具有实用性和参考性。试验表明, 对其他常用收缩膜的收缩性能测试也完全可以借鉴该方法。并且, 通过 ISO14616 可以测试热收缩膜在试验温度下的收缩力与收缩率随时间变化的情况, 有效指导包装生产参数设置, 控制产品包装质量。

另外需要明确的一点是, 由于加热方式不同, 采用恒温油浴、烘箱测试收缩率与位移法对于收缩率的测试结果之间不具备可比较性。不同材料间收缩性能的比较需基于同

一标准。

参考文献

- [1] 赵德坚 董讯. 几种常见热收缩膜收缩性能研究[J].包装工程, 2010, 31(9):57-59, 76.
ZHAO De-jian,DONG Xun. Research on Shrinkage Property of Several Common Thermal Shrinking Films[J].Packagin Engineering,2010,31(9):57-59,76.
- [2] GB/T 19787-2005 包装材料 聚烯烃热收缩薄膜[S].
GB/T 19787-2005 Heat-shrinkable polyolefine films for packaging materials[S].
- [3] GB/T 13519-1992 聚乙烯热收缩薄膜[S].
GB/T 13519-1992 Heat shrinkable polyethylene film[S].
- [4] GB/T 10003-2008 普通用途双向拉伸聚丙烯 (BOPP) 薄膜[S].
GB/T 10003-2008 Biaxiality oriented Polypropylene plain film[S].
- [5] GB/T 16958-2008 包装用双向拉伸聚酯薄膜[S].
GB/T 16958-2008 Biauxially oriented polyester film for package[S].
- [6] GB/T 15267-94 食品包装用聚氯乙烯硬片、膜[S].
GB/T 15267-94 Rigid polyvinyl chloride sheet and film for foodstuff packing[S].
- [7] DIN 53369-1976 Testing of plastic films; determination of the shrinking stress[S].
- [8] ISO 14616-1997 Plastics-Heat shrinkable films of polyethylene, ethylene copolymers and their mixtures-Determination of shrinkage stress and contraction stress[S].