

热收缩薄膜收缩力的探讨与研究



济南兰光机电技术有限公司

摘要: 热收缩薄膜是近年来被广泛使用的一种塑料包装材料,收缩率和收缩力是衡量薄膜收缩性能的两个重要指标。本文选择部分结晶的 LDPE、非结晶的 OPS 和结晶材料 PET 改性后的 PETG 三种不同类型的热收缩膜进行收缩力试验,并分析了热缩温度与材料的关系、热缩力与时间的关系及生产工艺对热缩力的影响,希望能对热收缩薄膜收缩力的研究起到抛砖引玉的作用。

关键词: 热收缩膜、热缩力、冷缩力、结晶度、ISO 14616

热收缩薄膜的收缩原理为高分子的记忆效应,即将薄膜在玻璃化温度 T_g 以上、熔点 T_m 以下的温度条件下拉伸时,无序卷曲的分子链段在拉伸方向上取向,进行有序排列,此时再将温度急速骤降,分子链段取向结构与内应力被“冷冻”。当高聚物再次加热到被拉伸时的温度时,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。

大多包材企业对热缩性能的研究测试都集中于热收缩率的测试,却往往忽视了收缩力的测试。目前,国内也鲜有对薄膜收缩力的研究文献。实际上,热收缩率影响热缩膜包装的贴合度,而收缩力的大小则影响包装的紧实性。当使用收缩膜紧束物品时,收缩力越小,对物品的捆扎力越小,物品越容易散落;而收缩力过大则容易使被包装物品变形,影响包装形象。因此,在测试薄膜热缩性能时,不应忽略收缩力。

笔者根据 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力的测定》,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对 LDPE、PETG 和 OPS 三种热收缩膜的收缩力进行测试,旨在对薄膜收缩力的研究起到抛砖引玉的作用。

1 试验

1.1 试验材料选择

收缩性能由高分子材料中的非结晶区贡献。当结晶度增大时,高聚物的收缩性能下降,所以结晶度高的高聚物不适宜用来生产收缩膜。本次试验选择三种类型的收缩膜,分别是部分结晶的 LDPE、非结晶的 OPS 和结晶材料 PET 改性后的 PETG。其中, PETG 取两种不同改性配方的试样,分别编号为 PETG1 和 PETG2。

1.2 试验仪器

选择济南兰光机电技术有限公司的 FST-02 薄膜热缩性能测试仪测试收缩力,该仪器不仅可精确测量在加热过程中出现的最大热缩力、热缩后冷却至室温的冷缩力,还可以读取最大热缩力的出现时间。

1.3 试验与结果

选择平整均匀的试样,将试样裁为宽 15mm、长 150mm (收缩方向) 的长条,平整地装夹在试样夹持装置上。注意不得通过试样对力值传感器施加外力。通过试验找到符合 ISO 14616 要求的温度,使试样在加热时于 15~30S 间出现最大热缩力,本文将该温度称为热缩温度。

利用 FST-02 对薄膜收缩力的测试中,根据牛顿第三定律,仪器将试样的收缩力转换为拉伸力,通过测试因试样收缩而带来的拉伸力即可测定试样内部的收缩力。结果如图 1、图 2、图 3 和图 4 所示。

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>

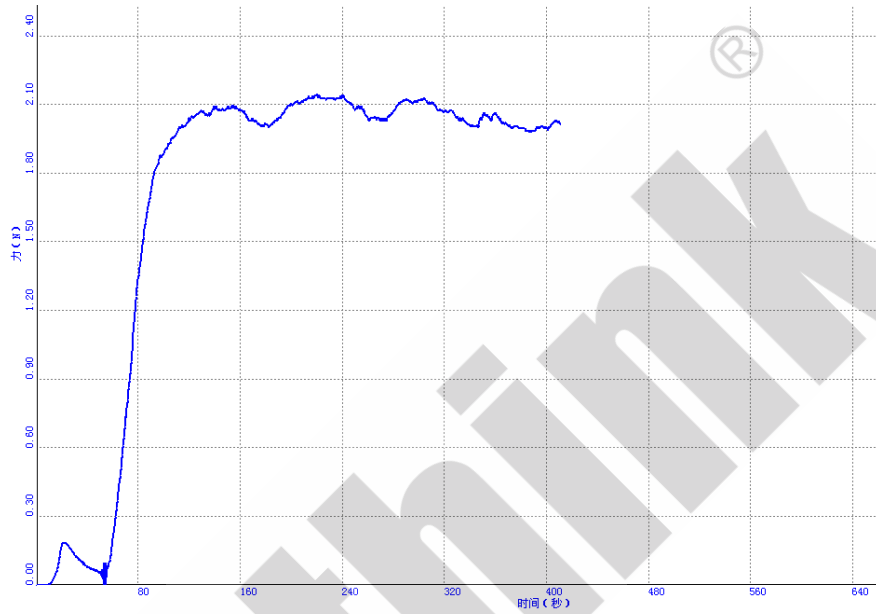


图 1 LDPE 收缩力测试结果

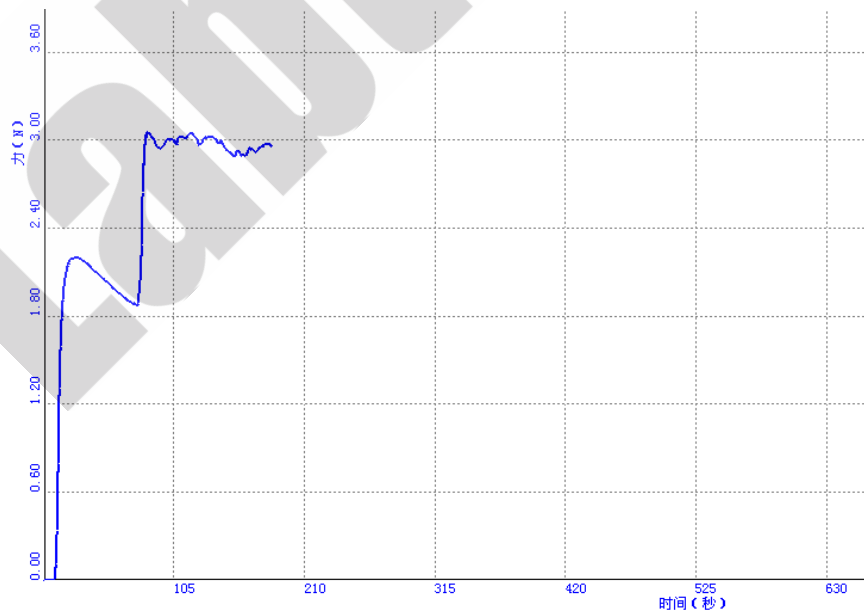


图 2 OPS 收缩力测试结果

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>

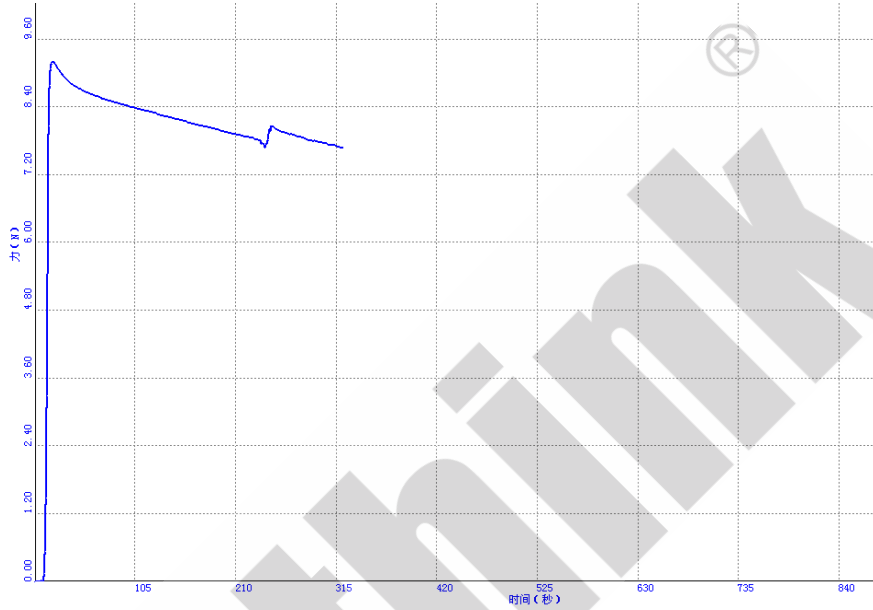


图 3 PETG1 收缩力测试结果

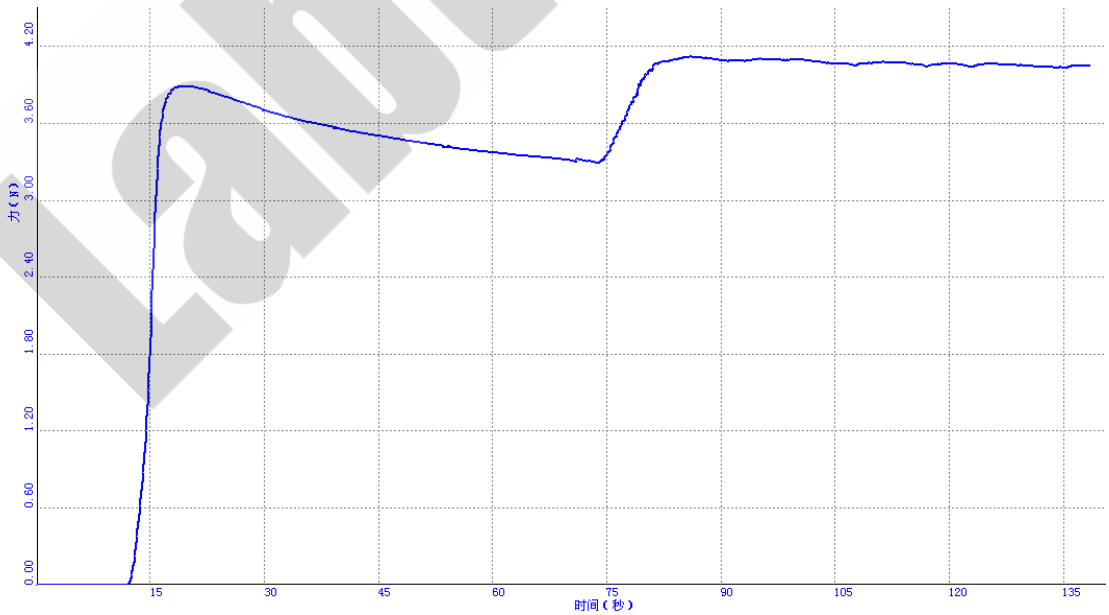


图 4 PETG2 收缩力测试结果

结果表明, 薄膜不仅在热缩温度加热时收缩, 而且在从试验腔出来后的降温过程中

也会出现收缩。薄膜的收缩力包括热缩力与冷缩力两个阶段。

2 分析与讨论

2.1 热缩温度与材料的关系

热缩性能与温度密切相关,只有达到了拉伸取向的温度,热缩膜的收缩性能才能充分表现。根据自由体积理论,无论是液体还是固体,从微观上来看,高聚合物内部并不是一个实体,其体积是由两部分组成的,一部分体积由分子占据,另一部分体积为分子之间的空隙,称为自由体积或自由空间。自由空间为分子链段提供活动的空间。

对于非结晶型的 OPS 来说,玻璃化温度 T_g 是聚合物分子链段开始运动的温度。在玻璃化温度以下时,自由空间的大小不足以让分子链段自由运动,分子链保持一定的稳定性。试验时,试样从标准环境进入已加热至热缩温度的试验腔中,温度快速升高,分子链内积聚的能量越来越多,当达到玻璃化温度后,自由空间的体积也开始增加,此时大多数分子链段完成解取向,出现最大热缩力。

对于部分结晶的材料 LDPE、PETG 来说,虽然收缩性能主要是由非晶区提供的,但由于受到晶格的束缚,非晶区的分子链段无法在玻璃化温度时解取向。所以,对于部分结晶的热收缩膜,必须加热到熔点附近,待晶格被破坏后,非晶区分子链段方可顺利解取向。因此,此类材料在高于玻璃化温度的熔点附近才能出现最大热缩力。

因此,非结晶型热缩膜的热缩温度与玻璃化温度有关,而部分结晶的热缩膜的热缩温度则与其熔点相关联,并且材料的结晶度越大,这种关联性越明显。

2.2 热缩力与时间的关系

达到最大热缩力后,理论上分子链段应恢复到平衡态。但在试验中,因试样的两端被夹具固定,阻止了试样的回缩,相当于对试样进行了拉伸,因此,在取向带来的内应力消失的同时,试样内也积聚了拉伸应力。在试验温度和拉伸应力的作用下,分子结构要达到平衡态需要一定的松弛时间。应力松弛是高聚物的普遍特性,具有时温等效性,即对于同一个松弛过程,既可以在低温下较长时间观察到,也可以在高温下较短时间内观察出来。升高温度或延长观察时间对于聚合物的分子运动是等效的,对于观察同一个

松弛过程也是等效的。因此,在加热时,试样的松弛过程缩短。

试样的应力松弛是一个试样分子结构内部运动以达到平衡态的一个过程,在松弛过程中,试样的拉伸应力减弱,热缩力减小。因此,试验中热缩力达到最大值后,试样开始明显表现出应力松弛,随着时间的推移,力值逐渐减小,曲线呈现抛物线特征。

2.3 生产工艺对热缩力的影响

试验中选择两种改性配方的 PETG 测试热缩性能。从结果中可以看出,改性配方的不同对 PETG 的热缩性能影响明显,甚至影响到了热缩力与冷缩力的大小关系,详见图 3、图 4。在实际生产中,生产工艺及配方直接影响高聚物分子结构,比如交联点密度增加,会使高聚物的自由体积减小,使玻璃化温度上升;增塑剂的使用则会降低分子链的柔性,使玻璃化温度降低;通过引入柔性链段和不对称结构,可改变高聚物的结晶性能,进而影响薄膜的收缩力与收缩率。

3 结论

1) 薄膜热缩性能包括收缩力与收缩率两个方面,其中,收缩力中的热缩力与冷缩力是不同的,不可一概而论。目前,热收缩膜的收缩力主要采取定性的方法来评判优劣,说服力较差。今后,应发展定量测定收缩力的方式,并进一步研究其收缩机理,特别是冷缩力的研究,以指导生产实际。

2) 在热缩温度下,热缩力值随时间的变化为抛物线,试样在分子链段解取向后,热缩力达到最大值。从加热腔出来,温度降低,试样冷缩,出现冷缩力峰值,冷缩力与热缩力的大小关系是因材料而异的,并且改性分子的加入也会影响热缩力与冷缩力之间的大小关系。

3) 非结晶型材料的热缩温度与玻璃化温度有关,部分结晶型材料的热缩温度与熔点密切相关,远大于玻璃化温度,而若要使用结晶型高聚物生产收缩膜,则需对高聚物进行改性,降低其结晶度。材料生产工艺对热缩性能有直接影响。辅助剂的加入及工艺的不同会对材料的结晶度或者玻璃化温度产生影响,并且,仪器的加热方式与设备硬件特性会影响到试验温度,因此,热缩温度并不能直接与高聚物的玻璃化温度或者熔点直接划等号。

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>



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.
- [2] ISO 14616-2004 Plastics-Heat shrinkable films of polyethylene, ethylene copolymers and their mixtures-Determination of shrinkage stress and contraction stress[S].
- [3] 刘兵, 于世发, 钱鑫, 等. PVC 热收缩标签膜温度-收缩率曲线分析研究[J]. 橡塑技术与装备, 2011, 37(1):1-4.
- [4] 夏秀丽, 李军, 崔育松, 等. 新型热收缩膜用聚酯的研究及开发[J]. 聚酯工业, 2012, 25(5):16-19.
- [5] 何曼君, 陈维孝. 高分子物理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2005.
- [6] 胡志鹏. 热收缩包装的优势及生产应用情况[J]. 今日印刷, 2008, 3:45-48.