



添加剂对双向拉伸尼龙薄膜性能的影响

董穆, 张师军*, 高达利, 吕芸, 徐凯, 刘建叶

中国石油化工股份有限公司北京化工研究院, 北京 100013

*通讯作者, E-mail: zhangsj.bjhy@sinopec.com

收稿日期: 2014-05-27; 接受日期: 2014-06-06; 网络版发表日期: 2014-10-24

doi: 10.1360/N032014-00152

摘要 为提高双向拉伸尼龙薄膜的拉伸性能及薄膜性能, 本文研究了不同成核剂、润滑剂及芳香尼龙对高黏度尼龙性能的影响. 添加剂改性尼龙 6 后, 冲击性能和断裂伸长率均有不同程度的提高, 注塑样品表现为 α 晶型结构. 尼龙 6 流延骤冷时形成不稳定的 γ 晶型, 经过双向拉伸后, 转变为稳定的 α 晶型, 在 X 射线衍射图谱中表现为较强的单峰. 改性尼龙制备的双向拉伸薄膜具有较高的力学性能和较低的雾度, 综合性能较好; 润滑剂 Incromold-T 具有更好的综合效果. 加入少量的半芳香尼龙 MXD6, 尼龙 6 结晶能力下降, 薄膜光学性能提高, 但力学强度明显下降.

关键词

添加剂
双向拉伸
尼龙薄膜
润滑剂
成核剂
芳香尼龙

1 引言

尼龙 6(PA6)因具有较好的机械性和加工性, 以及较高的气体阻隔性, 而被广泛用作汽车或电气电子部件等的注射成型材料, 以及食品、饮料、药品、电子部件等的包装材料. 作为包装材料, 双向拉伸尼龙薄膜(BOPA)以其优异的综合性能得到了广泛关注^[1~3]. 尼龙薄膜具有高柔性/抗撕裂、高穿刺强度、高拉伸强度和复合强度等, 适合用于包装肉类、鱼类、油脂食品、海产品、易氧化变质食品、保香要求食品、蔬菜制品等, 其保存期是常用包装材料的 2 倍以上. 目前, 国内尼龙薄膜专用材料已实现国产化, 且国内少数厂家可以生产高黏度、适合用作双向拉伸薄膜用的专用树脂, 代表性产品包括中国石化巴陵石化股份分公司的高黏度尼龙 6 和广东新会美达锦纶股份有限公司的 M3400^[4].

在双向拉伸尼龙薄膜(BOPA)的实际生产中, 影响薄膜质量的主要因素为 BOPA 专用料的性能和双向拉伸工艺的控制^[5~9]. BOPA 专用料的相对黏度应该在 3~3.5 之间^[10], 且用于双向拉伸尼龙薄膜的高黏

度尼龙材料应保持较低的单体含量和低聚物含量, 因为在加工过程中, 单体和低聚物容易析出并吸附在冷却辊上, 在流延片上形成晶点或鱼眼, 造成薄膜的力学性能和尺寸稳定性下降, 且单体和低聚物的存在也会导致气体渗透率和电导率增加^[11]. 研究发现, 尼龙 6、尼龙 66、尼龙 610 等结晶时形成 α 晶型, 这些尼龙很难得到均匀的双向拉伸薄膜, 但加入另外一种或几种结晶时形成 γ 晶型的尼龙(如尼龙 69、尼龙 77、尼龙 12), 或不结晶的尼龙(如三元共聚尼龙), 或带有二甲苯二胺基团的芳香尼龙组分, 则可以明显改善薄膜的均匀性^[12]. 推测可能是因为加入这些组分后尼龙 6 或尼龙 66 中的氢键作用减弱所致.

尼龙双向拉伸工艺包括熔融挤出、骤冷结晶、加热至玻璃化温度以上进行拉伸等过程, 尼龙的结晶情况受自身分子链结构和外界加工条件影响很大, 使双向拉伸尼龙薄膜工艺复杂多变^[13]. Rhee 等^[1]研究了双向拉伸尼龙 12 薄膜的结构和形态特征, X 射线衍射实验说明, 双向拉伸尼龙 12 薄膜为单斜 γ 晶型, 其晶胞尺寸几乎不随拉伸条件发生变化, 随着拉伸温度的升高, 长周期增加, 对薄膜进行退火处理也会引

起长周期的增加. Rhee 等^[2]还发现, 尼龙 6 的挤出流延片在室温冷却并退火超过 2 周时, 形成了不明确的 β 晶型(折叠 α 晶型), 拉伸时丧失了其优异的拉伸性能.

此外, 在实际应用中, 由于尼龙黏度较高, 刚性较大, 树脂与螺杆剪切比较严重, 存在电流波动不稳、扭矩值高等问题. 因此, 尼龙薄膜生产商经常加入一些助剂来改善尼龙薄膜性能或生产工艺^[14]. 例如, 加入结晶成核剂可使尼龙 6 结晶均匀微细, 防止生成大球晶; 树脂中加入微量的超细无机物粉末, 以防止膜与膜之间黏连; 或加入微量润滑剂改善膜的爽滑性, 提高薄膜开口性; 或加入氟碳聚合物助剂, 防止鲨鱼皮的出现; 在树脂中加入 5%左右的聚乙二酰间苯二甲胺(MXD6)可有效减少破膜率. 青源等^[15]研究了几种膜用尼龙树脂在不同实验条件下的结晶行为, 发现无机添加剂(小分子润滑剂)在提高尼龙 6 基体结晶度的同时, 降低了结晶速度; 无机成核剂提高了尼龙 6 基体的结晶度和结晶速度. 二者均在一定程度上改变了尼龙 6 树脂的结晶结构.

鉴于以上原因, 为了提高双向拉伸尼龙薄膜的拉伸性能及薄膜性能, 本文采用热分析、X 射线衍射等方法研究了成核剂、润滑剂及芳香尼龙对尼龙 6 同步拉伸工艺中晶型结构和薄膜性能的影响.

2 实验部分

2.1 原料

BL1340H (中国石化巴陵石化分公司), 高黏度尼龙切片; 润滑剂硬脂酸钠(上海乙基化工有限公司, 中国)、乙撑双硬脂酰胺(EBS, 常州可赛成功塑胶材料有限公司, 中国)、Incromold-T (INT, 禾大公司, 英国); 成核剂 TMB-5 (β -晶型聚丙烯成核剂, 山西化工研究院, 中国); 聚乙二酰间苯二甲胺(MXD6, 杜邦公司, 美国), 芳香尼龙; 抗氧剂 IRGANOX 1098、IRGANOX 168 (巴斯夫公司, 德国).

2.2 设备与仪器

ZSK-25 型双螺杆挤出机(Werner&pfleiderer 公司, 德国); HTF110X/1J 型塑料注射成型机(宁波海天塑机集团有限公司, 中国); CMT 型微机控制电子万能试验机(拉力机) (深圳市新三思计量技术有限公司, 中国); CMT-6104 型微机控制电子万能试验机(拉力机)

弯曲试验机(深圳市新三思计量技术有限公司, 中国); D8 Advance 型 X 射线衍射仪(Bruker AXS 公司, 德国); Diamond DSC 型差示扫描量热分析仪(DSC, Perkin Elmer 公司, 美国); RSA III 型动态力学分析仪(Thermal Analysis 公司, 美国); LABTECH 多层挤出流延机(Labtech 公司, 瑞士); KARO IV 型薄膜拉伸试验机(布鲁克纳公司, 德国); 雾度仪(BYK 公司, 德国).

2.3 样品制备

尼龙 6 切片置于 80℃真空中 8 h, 直至干燥, 按照一定比例将尼龙 6 切片与添加剂在高速搅拌机中混合. 经双螺杆挤出机熔融挤出造粒, 挤出温度为 220~230℃, 螺杆转速为 355 r/min, 冷却造粒. 粒料在 80℃下烘干 8 h, 在注射机中注射成标准样条, 注塑温度为 210~230℃, 注射压力为 50 MPa, 冷却时间为 10 s.

添加剂种类与含量分别为: TMB-5, 0.1%和 0.3%; 润滑剂硬脂酸钠, 0.1%; EBS, 2%; INT, 0.1%; 半芳香尼龙 MXD6, 1%和 2%; 抗氧剂(抗氧剂 1098 与抗氧剂 168 以质量比 1:1 的比例混合), 0.3%.

将改性尼龙 6 切片在真空中加热到 80℃, 干燥 8 h 以除去水分, 加入多层挤出流延机进料口, 在挤出和加料过程中应尽量避免进料口与空气接触, 以免尼龙 6 切片吸水. 挤出机温度为 250℃, 在冷却辊上骤冷成型为 100 μm 厚的薄片, 冷却辊温度设置为 30℃. 流延薄片被裁剪成 9.3 cm $\times$ 9.3 cm 大小, 放入薄膜拉伸实验机同样尺寸的样品台上, 经轨道牵引进入炉腔进行拉伸. 同步法为纵向(MD)、横向(TD)同时进行拉伸.

2.4 分析与表征

注塑样品拉伸强度按标准 GB/T1040.2-2006^[16]进行拉伸测试, 拉伸速率为 50 mm/min; 悬臂梁缺口冲击强度按标准 GB/T1843-1996 进行测试.

X 射线衍射分析: 将注塑样条或薄膜适当裁剪后进行分析. 测试温度为室温, 2θ 角范围为 5°~40°, 采用 Cu Ka 靶源($\lambda = 0.154 \text{ nm}$, 40 kV, 200 mA). 扫描速率为 2.4°/min, 扫描间隔步进为 0.02°/min.

DSC 分析: 在 N_2 氛围下, 以 10℃/min 速率升温至 250℃, 停留 2 min 以消除热历史, 然后以 10℃/min

的速率降至 50℃, 得到结晶曲线. 在 50℃ 停留 1 min, 再以 10℃/min 的速率升到 250℃, 得到第二条熔融曲线.

动态热机械分析: 将流延片裁成 4 cm × 5 mm 大小, 设为薄膜拉伸模式, 频率为 1 Hz, 以 3℃/min 速率从室温升至 140℃. 以 $\tan\delta$ 为纵坐标, 温度为横坐标作图, 曲线的 $\tan\delta$ 峰值对应的温度即为玻璃化转变温度 T_g .

双向拉伸薄膜性能测试按照国家标准《双向拉伸聚酰胺(尼龙)薄膜》(GB/T 20218-2006)进行测试. 试样采用长 150 mm, 宽(15 ± 0.1) mm 的长条形, 夹具间距离 100 mm, 试验速率为 250 mm/min.

3 结果与讨论

3.1 添加剂对尼龙 6 机械性能的影响

用作拉伸倍数较高的薄膜(如双向拉伸薄膜)和韧性较高的工程塑料, 尼龙的拉伸性能和抗冲击性能需要达到一定数值. 经改性后, 尼龙 6 树脂断裂伸长率可达到 250% 以上, 缺口冲击强度可达到 25 kJ/m² 以上^[1]. 改性后尼龙 6 的力学性能见表 1. 经过添加剂改性的尼龙 6 冲击性能得到不同程度的提高, 同时断裂拉伸应大幅度增加, 达到约 200%. 随着成核剂 TMB-5 浓度的增加, 断裂拉伸应变提高到 200% 以上, 冲击强度略有增加. 加入少量的 MXD6, 尼龙 6 冲击强度增加到 9~10 kJ/m², 断裂伸长率增加到 195%. 成核剂的加入使得晶粒变小, 从而能大幅度提高韧性. MXD6 的加入阻碍了尼龙 6 结晶, 无定形部分增加, 因此韧性增加.

3.2 添加剂对尼龙 6 结晶性能的影响

我们通过不同的表征手段对聚酰胺类高聚物的结晶结构及晶型转变进行了研究, 结果发现, 聚酰胺

类高聚物常见的结晶结构主要有 α 晶型、 β 晶型和 γ 晶型. 熔融的聚酰胺经骤冷后, 在 130℃ 以下进行热处理时只生成 γ 型晶型, 在 130~210℃ 进行热处理同时产生 γ 晶型和 α 晶型, 在 210℃ 以上结晶时只有 γ 晶型. 而如果添加滑石粉等无机成核剂, 则 α 晶型占支配地位. 这样可以通过添加成核剂来控制聚酰胺制品的晶型, 以达到控制其性能的目的.

尼龙 6 的 α 晶型有两个特征峰, 峰值位置分别在 20° 和 23° 附近, 分别标记为 α_1 和 α_2 ; γ 晶型特征峰位置在 21.5° 附近. 图 1 为加入不同添加剂后改性尼龙 6 注塑样品的晶型组成. 改性尼龙 6 材料的主要晶型为 α 晶型, 硬脂酸钠改性尼龙 6 材料的 α_1 特征峰强度小于 α_2 特征峰强度, 成核剂 TMB-5 和 MXD6 改性尼龙的 α_1 特征峰强度大于 α_2 特征峰强度, 而纯的半芳香尼龙 MXD6 结晶能力很差, 几乎没有结晶峰, 只有一个无定形峰.

在流延过程中, 尼龙 6 熔体经过挤出机熔融混合, 经口模流出后在冷却辊上冷却成约 100 μ m 厚度的薄片, 这种结晶条件下熔体骤冷结晶, 生成不稳定的 γ 晶型, 如图 2 所示. 尼龙 6、MXD6、EBS 改性尼龙

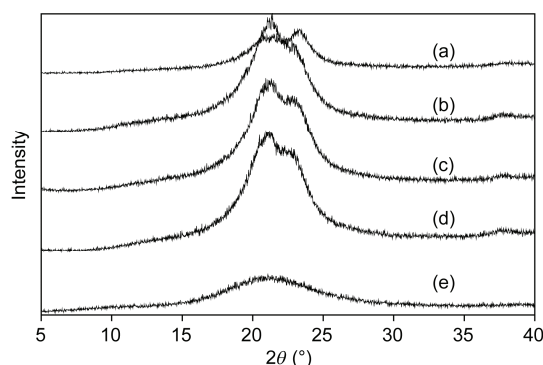


图 1 改性尼龙 6 注塑样品的 X 射线衍射图. (a) PA6 + 0.1% 硬脂酸钠; (b) PA6 + 0.1% TMB-5; (c) PA6 + 1% MXD6; (d) PA6 + 2% MXD6; (e) MXD6

表 1 改性后尼龙 6 的机械性能

组分	添加剂浓度(%)	悬冲(kJ/m ²)	拉伸强度(MPa)	断裂拉伸应变(%)	弯曲强度(MPa)	弯曲模量(GPa)
PA6	0	6.6	69.1	136	71.2	2.20
PA6/硬脂酸钠	0.1	7.3	66.1	207	55.1	1.78
PA6/TMB-5	0.1	6.7	67.1	210	50.9	1.60
	0.3	7.0	65.4	260	52.4	1.64
PA6/MXD6	1	10.2	63.0	195	58.2	1.87
	2	9.2	63.1	195	58.9	1.91

制备的流延薄片的 X 射线衍射图谱显示为峰值为 21.5° 的钝峰, 属于尼龙 6 的 γ 晶型. 图 3 为双向拉伸尼龙 6 薄膜的 X 射线衍射图谱, 峰值在 23° 附近, 属于尼龙 6 的 α 晶型. 9° 、 28° 、 29° 附近的弱峰不属于尼龙 6 的特征峰, 推测应为样品架带来的背景衍射峰. 因此, 尼龙 6 在流延过程中形成不稳定的 γ 晶型, 在随后的双向拉伸过程中转变为稳定的 α 晶型. 不同于注塑尼龙材料中形成的多重特征峰(图 1), 双向拉伸尼龙薄膜的 α 晶型特征峰只显示出较强的单峰, 峰值在 23° 附近.

尼龙 6 由于具有规整的对称结构及氢键作用, 结晶速率很快, 图 4 为未改性尼龙 6 和改性尼龙 6 的结晶曲线. 由图 4(a)可知, 纯尼龙 6 的起始结晶温度约为 190°C , 结晶温度为 185.3°C , 加入添加剂改性后, 结晶温度降低 $1\sim 2^\circ\text{C}$. 图 5 为未改性尼龙 6 和改性尼龙 6 的第二次熔融曲线. 未改性尼龙 6 的熔融峰为双熔融峰, 主熔融峰在 220°C , 肩峰在 212°C , 分别对应

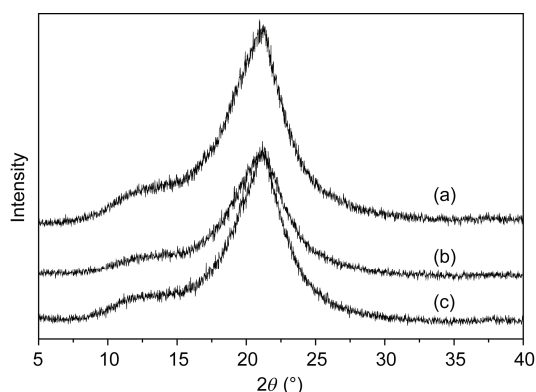


图 2 未拉伸流延片的 X 射线衍射图. (a) PA6; (b) PA6 + 2% MXD6; (c) PA6 + 2% EBS

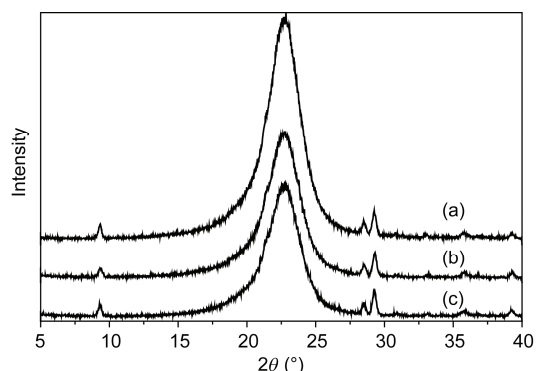


图 3 双向拉伸尼龙薄膜的 X 射线衍射图. (a) PA6; (b) PA6 + 2% MXD6; (c) PA6 + 2% EBS

α 、 γ 晶型熔融特征峰. 添加剂改性后, 熔融峰向低温方向移动, 这与结晶温度的下降相对应, 并且 γ 晶型熔融峰所占的比例显著增加.

3.3 改性尼龙双向拉伸性能

在实际生产过程中, 由于非晶态高聚物与结晶高聚物在性能上各有差异, 所以拉伸方法与步骤也有所不同. 对于非结晶高聚物(如聚乳酸), 将其加热到软化点以上成黏流态, 然后均匀地冷却到适于拉伸的玻璃化转变温度附近, 在恒定或降低的温度梯度下进行双向拉伸, 再骤冷至玻璃转化温度以下即可; 对于结晶型高聚物(如尼龙、聚丙烯), 将其加热至结晶温度的熔点以上, 并维持到结晶消失, 再骤冷, 流延片呈无定形或接近无定形时, 再加热到玻璃化转变温度以上进行快速双向拉伸即可. 因此, 玻璃化转变温度是双向拉伸尼龙薄膜工艺中的重要参数.

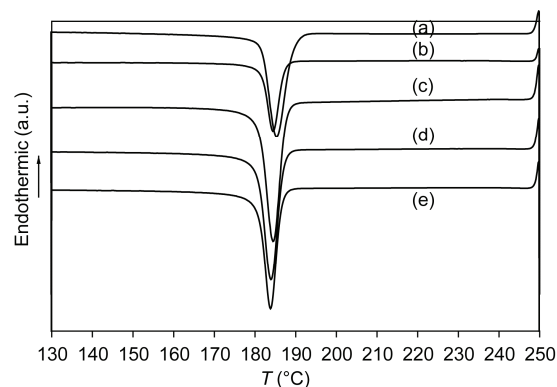


图 4 未改性及改性后尼龙 6 的结晶曲线. (a) PA6; (b) PA6 + 0.1%硬脂酸钠; (c) PA6 + 2% MXD6; (d) PA6 + 2% EBS; (e) PA6 + 0.1% INT

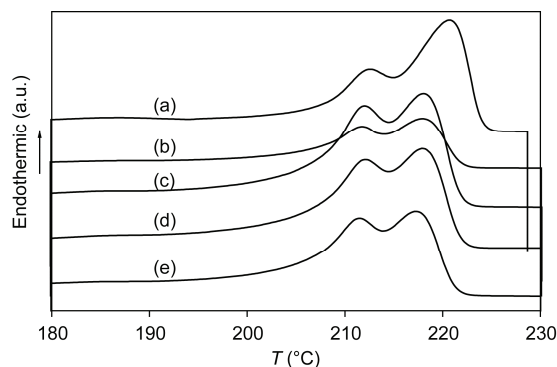


图 5 未改性及改性后尼龙 6 的熔融曲线. (a) PA6; (b) PA6 + 0.1%硬脂酸钠; (c) PA6 + 2% MXD6; (d) PA6 + 2% EBS; (e) PA6 + 0.1% INT

表 2 为不同添加剂对尼龙 6 玻璃化转变温度的影响. 未改性尼龙 6 的玻璃化转变温度为 79.2℃, 意味着拉伸温度需要达到 80℃ 以上. 在 80℃ 以下进行拉伸时, 链段无法运动, 拉伸困难, 易发生破膜. 加入添加剂后, 玻璃化转变温度明显下降, 例如, 加入 0.1% 浓度的硬脂酸钠, 玻璃化转变温度下降了 12℃; 其他添加剂如 EBS、INT、MXD6 使玻璃化转变温度下降了 10℃ 左右, 增塑效果明显. 因此, 拉伸温度也可以随之降低, 加工窗口变宽. 玻璃化转变温度对分步双向拉伸工艺非常重要.

加入添加剂改性后, 尼龙材料的双向拉伸性能、双向拉伸尼龙薄膜的机械性能和光学性能均有不同程度的改善(表 3). 硬脂酸钠、EBS、INT 均为小分子

表 2 未改性及改性后尼龙 6 的玻璃化转变温度

添加剂组分	添加剂浓度(%)	T_g (°C)
无	0	79.2
硬脂酸钠	0.1	57.3
MXD6	2	68.9
EBS	2	67.5
INT	0.1	69.4

润滑剂, 与尼龙混合后可以增加尼龙的流动性, 减弱氢键的影响. 经由润滑剂改性后, 尼龙材料拉伸比例达到 3×3 倍, 拉伸强度在 200 MPa 以上, 达到国家标准(≥ 180 MPa). 硬脂酸钠对于改善薄膜光学效果的作用不大, 薄膜力学性能达到标准. 英国禾大公司专用于尼龙的润滑剂 Incromold-T 对于改善光学性能有很好的效果, 双向拉伸薄膜雾度在 2%~3% 之间.

表 4 为加入成核剂 TMB-5 后薄膜的拉伸性能. 0.1% TMB-5 的加入极大程度上改善了光学性能, 未加成核剂时, BL1340H 尼龙制备的双向拉伸薄膜, 雾度为 4%~7%. 加入 TMB-5 后, 薄膜雾度降低到 1%~3%, 并同时具有较高的拉伸强度.

MXD6 为芳香型尼龙, 具有绝佳的气体阻隔性, 特别是在高湿环境下. 它对所有气体均具有阻隔性, 包括碳氢化合物的汽油蒸气. 从表 5 可以看出, MXD6 改性后, 双向拉伸薄膜拉伸比例提高到了 3.5×3.5 . MXD6 与尼龙 6 混合后, 阻碍了尼龙 6 的结晶能力, 降低了薄膜的结晶度, BOPA 薄膜的雾度大大降低. 与 MXD6 自身较低的断裂伸长率和较差的韧性相对

表 3 不同润滑剂改性后的薄膜性能

添加剂	拉伸条件				雾度 (%)	透光率 (%)	力学性能	
	预热时间(s)	预热温度(°C)	拉伸比例	拉伸速率(%)			MD 拉伸强度(MPa)	TD 拉伸强度(MPa)
硬脂酸钠	10	60	3×3	100	6.71	92.4	222.5	196.0
	10	140	3×3	100	5.58	92.7	208.3	226.3
EBS	10	140	3×3	100	3.14	92.4	244.1	276.9
Incromold-T	10	140	3×3	100	2.87	92.0	195.2	217.4
	20	140	3×3	100	2.26	92.4	284.4	224.2

表 4 TMB-5 对双向拉膜薄膜性能的影响

拉伸条件				雾度 (%)	透光率 (%)	力学性能	
预热时间(s)	预热温度(°C)	拉伸比例	拉伸速率(%)			拉伸强度(MPa)	断裂伸长率(%)
10	140	2.5	100	2.43	92.6	232.6	91.7
10	140	3	100	1.24	92.7	218.3	114
30	140	3	100	2.47	92.6	221.6	123

表 5 MXD6 改性尼龙对双向拉膜薄膜性能的影响

条件				雾度 (%)	透光率 (%)	力学性能	
预热时间(s)	预热温度(°C)	拉伸比例	拉伸速率(%)			MD 拉伸强度(MPa)	TD 拉伸强度(MPa)
10	122	3×3	100	2.64	92.5	157.4	156.0
20	122	3×3	100	1.27	92.8	145.3	153.4
20	122	3.5×3.5	100	1.15	92.6	137.5	182.4

应, MXD6 改性尼龙薄膜的拉伸强度降低明显, 在 130~150 MPa 范围内, 大大低于国家标准。

4 结论

经过助剂改性的高黏度尼龙 6, 冲击性能和断裂伸长率均有不同程度的提高, 结晶时均为尼龙 6 的 α 晶型结构, 改性后尼龙 6 的玻璃化转变温度较未改性尼龙降低了 10~20℃, 硬脂酸钠增塑效果最明显, 使

玻璃化转变温度降低了约 20℃; 尼龙 6 切片流延骤冷时形成不稳定的 γ 晶型, 经过双向拉伸后, 转变为稳定的 α 晶型, 在 X 射线衍射图谱中表现为较强的单峰, 峰值在 23°左右; 成核剂改性后尼龙制备的双向拉伸薄膜具有较高的力学性能和较低的雾度, 综合性能较好, 选择的三种润滑剂中 Incromold-T 效果更好, 加入少量的半芳香尼龙 MXD6, 尼龙 6 结晶能力下降, 薄膜光学性能提高, 但薄膜拉伸强度下降明显, 薄膜质量不高。

参考文献

- 1 Rhee S, White JL. Crystal structure and morphology of biaxially oriented polyamide 12 films. *J Polym Sci B: Polym Phys*, 2002, 40: 1189-1200
- 2 Rhee S, White JL. Crystal Structure, morphology, orientation, and mechanical properties of biaxially oriented polyamide 6 films. *Polymer*, 2002, 43: 5903-5914
- 3 Rhee S, White JL. Crystalline structure and morphology of biaxially oriented polyamide 11 films. *J Polym Sci B: Polym Phys*, 2002, 40: 2624-2640
- 4 熊远凡, 肖勇, 万萍, 韩飞, 程延亭, 刘营, 崔张玉. 具有良好可拉伸性和抗冲击性尼龙 6 树脂及其制备方法. 中国专利, CN97108021.6, 1997-04-11
- 5 Fujimoto M, Hayashi T, Ohki Y, Takashige M, Utsuki K. Process for producing biaxially oriented nylon film. US Patent, US5094799A, 1992-03-10
- 6 Gerhard K, Eudaldo S, Lothar S. Production of biaxially oriented polyamide film. US Patent, US3652759A, 1972-03-28
- 7 Makoto H, Koichi M, Hikoichi N, Leki H, Oko T. Meta-xylylene diamine/aliphatic dicarboxylic acid polyamide film. US Patent, 760848, 1977-01-21
- 8 Tadashi N, Yoshinori M, Naonobu O, Katsuhiko N. Polyamide based mixed resin film roll and process for producing the same. US Patent, 20080254259A1, 2008-10-16
- 9 Masao T, Yuichi O, Takeo H, Katsumi U, Masahiro F. Process for producing biaxially oriented nylon film. US Patent, 492884, 1990-03-09
- 10 樊凯非, 沈飞, 任诚. 双向拉伸聚己内酰胺薄膜的加工机理及制造工艺. 化工进展, 2004, 23: 222-224
- 11 何翼云. 双向拉伸膜用尼龙树脂的制备与性能研究. 硕士学位论文. 长沙: 湖南大学, 2002
- 12 Kaoru F, Koichi M, Toshihiko O, Tetsushi M, Hiroshi N, Kazuo T. Production of biaxially stretched film of polyamide blend, US Patent, 788047, 1977-04-15
- 13 Penel-Pierron L, Séguéla R, Lefebvre JM, Miri V, Depecker C, Jutigny M, Pabiot J. Structural and mechanical behavior of nylon-6 films. II. Uniaxial and biaxial drawing. *J Polym Sci B: Polym Phys*, 2001, 39:1224-1236
- 14 Delius U, Stenger K, Grolig G. Multilayered, biaxially-oriented food casing comprising two oxygen-barrier layers. US Patent, US6194040 B1, 2001-02-27
- 15 青源, 何其佳, 张爱民, 潘勇军. 膜用尼龙树脂的结晶性能表征. 高分子材料科学与工程, 2006, 22: 165-168
- 16 中华人民共和国国家标准. 塑料拉伸性能的测定——第 2 部分: 模型和挤塑塑料的试验条件. GB/T 1040.2-2006, 2006-09-01

The influence of additives on the properties of biaxial oriented polyamide film

DONG Mu, ZHANG ShiJun*, GAO DaLi, LV Yun, XU Kai, LIU JianYe

Beijing Research Institute of Chemical Industry, SINOPEC, Beijing 100013, China

*Corresponding author (email: zhangsj.bjhy@sinopec.com)

Abstract: The influence of additives on the properties of high viscosity polyamide was investigated in order to improve the properties of biaxial oriented polyamide (BOPA) film. It was found that the modified polyamides have improved impact strength and higher breaking elongation. The crystal structure of injection molding samples belongs to α -form crystal. The quenched polyamide cast sheets present unstable γ -phase. X-ray diffraction patterns of BOPA film show single peak of α -form. BOPA samples made of modified nylon own excellent properties with high mechanical properties and low haze. Lubricant Incromold-T modified BOPA has the best combination effects. When polyamide is blended with aromatic polyamide, the haze of BOPA film greatly reduces but the tensile strength becomes weakened compared with the blank samples.

Keywords: additive, biaxially oriented, BOPA, lubricant, nucleating agent, aromatic polyamide