

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.03.001

PBS-co-DEG 与热塑性淀粉共混膜的性能研究*

张敏¹, 苗妮娜¹, 许小玲¹, 宋吉青²

(1. 陕西科技大学教育部轻工助剂化学与技术重点实验室, 西安 710021;

2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081)

摘要: 采用流延法制备了不同二甘醇 (DEG) 含量的聚丁二酸丁二醇二甘醇共聚酯 (PBS-co-DEG) 与热塑性淀粉 (TPS) 共混的复合膜, 通过核磁共振氢谱仪、傅里叶变换红外光谱仪、凝胶渗透色谱仪、热重分析仪、紫外-可见分光光度计、偏光显微镜等对共聚酯的结构及复合膜的性能进行了表征和测试, 采用 N435 脂肪酶对复合膜进行了降解实验。结果表明, 随 DEG 含量的增加 PBS-co-DEG/TPS 复合膜的亲水性、光透过率和断裂伸长率均有所增加, 热稳定性变化不明显; 与 PBS/TPS 复合膜相比, PBS-co-DEG/TPS 复合膜的酶降解速率显著提高。

关键词: 共聚酯; 淀粉溶液; 流延成膜; 酶降解

中图分类号: TQ321 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)03-0001-06

Study on Properties of PBS-co-DEG Copolymer and Thermoplastic Starch Blending Film

Zhang Min¹, Miao Nina¹, Xu Xiaoling¹, Song Jiqing²

(1. Key Laboratory of Auxiliary Chemistry & Technology for Chemical Industry, Ministry of Education, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Key Laboratory of Agro-Environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract: Film casting method was adopted to prepare PBS-co-DEG copolymer and thermoplastic starch (TPS) composite film based on different diethylene glycol (DEG) content. The structure of PBS-co-DEG was characterized by proton nuclear magnetic resonance spectroscopy, Fourier transform infrared spectroscopy; molecular weight was tested by gel permeation chromatography; transmittance, thermal and crystallinity properties of the composite film were analyzed by thermogravimetric analyzer, polarizing microscope and UV-visible spectrophotometer; and the degradation property of composite film was tested by lipase N435. The results show that with the increasing content of DEG, the hydrophilicity, light transmittance and tensile strength of PBS-co-DEG/TPS composite film are improved, and thermal stability doesn't change significantly. Compared with TPS/PBS composite film, lipase N435 catalyzed degradation of TPS/PBS-co-DEG composite film is better.

Keywords: copolymer; starch solution; film casting; enzymatic degradation

聚丁二酸丁二醇酯 (PBS) 由于其良好的经济性和可生物降解性而备受人们关注, 与其它脂肪族聚酯相比, PBS 热稳定性及加工性能良好^[1-4]。但是 PBS 规整的双螺旋结构致使其结晶度高达 40%~60%, 亲水性差、生物降解速度较慢^[4-5], 限制了其在各行各业的广泛应用。因此, 在 PBS 分子链中引入含有亲水的柔性醚键, 直接破坏 PBS 分子主链的对称性和规整性, 可降低共聚物的结晶度, 并且赋予材料良好的亲水性, 提高材料的降解速度^[6-9]。

淀粉是一种天然可再生材料, 资源丰富、价格低廉且容易受到微生物侵蚀, 最终代谢为二氧化碳和水^[10-12], 因而具有良好的生物降解性, 适用于作为生物降解材料的原料成分。天然淀粉分子间和分

子内存在大量的氢键, 使其分子链蜷缩、有一定的结晶度, 自身不具备可塑性, 因此需要对其进行改性。将改性淀粉作为一种填充物引入到 PBS 基体中可降低材料的生产成本, 提高材料的降解性^[12-13]。

笔者通过将亲水性二甘醇 (DEG) 引入 PBS 分子主链, 制得了 PBS-co-DEG 共聚酯, 再与热塑性淀粉 (TPS) 共混制成复合膜, 研究了共聚酯的亲水性、结晶性和复合膜的光透过性、热稳定性、力学性能及

* “十二五”国家 863 计划项目 (2011AA100503), 陕西科技大学创新科研团队基金项目 (TD10-01)

联系人: 张敏, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为可生物降解高分子材料的合成与降解机理

收稿日期: 2014-12-28

降解性能。

1 实验部分

1.1 原材料

1,4-丁二酸(SA):分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

1,4-丁二醇(BDO):分析纯,天津市福晨化学试剂厂;

DEG:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

钛酸丁酯[Ti(Obu)₄]:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

醋酸酯淀粉:济南圣和化工有限公司。

1.2 仪器及设备

核磁共振氢谱(¹H-NMR)仪:ADVANCE III 400 MHz,德国布鲁克公司;

傅里叶变换红外光谱(FTIR)仪:VECTOR-22 型,德国 Bruker 公司;

偏光显微镜:BK-POL 型,重庆奥特光学仪器有限公司;

广角 X 射线衍射(WXRD)仪:D/Max-3c 型,日本 Rigaku 公司;

热重(TG)分析仪:TGAQ500 型,美国 TA 公司;

凝胶渗透色谱(GPC)仪:P230 型,大连依利特分析仪器有限公司;

紫外-可见分光光度计:UV-2006A 型,上海尤尼柯有限公司;

万能试验拉力机:XWW 系列,承德金建仪器检测有限公司。

1.3 试样制备

共聚物的合成:按一定物质的量比将 SA, BDO, DEG(DEG 的量分别为聚合物中 BDO 物质的量的 5%,10%,15%,20%,25%)加入到三口烧瓶中,通氮气数分钟后加入 Ti(Obu)₄ 并开始加热,缓慢升温至 180℃后脱水,脱水量达到理论值后升温至 220℃抽真空,当体系黏度达到所需时终止反应,即得到 PBS-co-DEG 共聚酯,具体参数如表 1 所示,不同 DEG 含量的共聚物记为 PBS-co-DEG_n, $n = \text{DEG 含量} \times 100$ 。

表 1 PBS-co-DEG 共聚酯的相对分子质量及其分布

试样编号	共聚物成分	$M_n / \text{万}$	$M_w / \text{万}$	M_w / M_n
1 [#]	PBS	4.25	8.94	2.10
2 [#]	PBS-co-DEG5	5.05	1.03	2.04
3 [#]	PBS-co-DEG10	4.21	8.78	2.09
4 [#]	PBS-co-DEG15	3.84	8.25	2.15
5 [#]	PBS-co-DEG20	4.63	1.14	2.45
6 [#]	PBS-co-DEG25	4.67	8.78	1.88

液体复合膜的制备:取一定量合成聚酯加少量溶剂溶解后在常温下乳化 4 h,升温至 50℃打开瓶塞让溶剂挥发完全,加入一定量糊化淀粉及少量添加剂混合反应 4 h 后得乳状成膜分散体,待成膜分散体降至室温后取一定量倒入聚四氟乙烯模板上室温成膜。不同组成的复合膜见表 2。

表 2 复合膜试样组成

试样编号	复合膜成分
7 [#]	PBS
8 [#]	TPS
9 [#]	PBS / TPS
10 [#]	PBS-co-DEG5 / TPS
11 [#]	PBS-co-DEG10 / TPS
12 [#]	PBS-co-DEG15 / TPS
13 [#]	PBS-co-DEG20 / TPS
14 [#]	PBS-co-DEG25 / TPS

1.4 性能测试

GPC 分析:聚苯乙烯为标样,三氯甲烷为流动相,流速 1 mL/min,分离与检测温度 40℃,样品浓度为 3 mg/mL,进样量为 20 μL ;

¹H-NMR 分析:氘代氯仿(CDCl₃)为溶剂,四甲基硅烷(TMS)为内标;

接触角测试:以蒸馏水为测试介质,测试液滴为 5 μL ,待测样品为熔融压片薄膜,测试前需真空干燥 24 h;

WXRD 分析:扫描范围 2θ 为 10°~50°,步长 0.01°,扫描速度 6°/min;

FTIR 分析:以空气为背景通道,将干燥后样品直接放入试样台中检测,扫描范围为 400~4000 cm^{-1} ,扫描次数为 32 次;

TG 分析:在 N₂ 保护下,升温速率为 20℃/min,将干燥后的样品放入铝锅中进行检测,测试温度范围为室温到 550℃;

拉伸性能按 GB/T 1040-2006 测试,拉伸速率为 10 mm/min,载荷 500 N;

降解性测试:将试样裁成 10 mm×30 mm 样条,40℃真空干燥 24 h 后和脂肪酶 N435 加入到 50 mL 离心管中,并加入 10 mL 磷酸缓冲溶液,密封,将盛有反应物的离心管置于转速为 120 r/min,温度 45℃的摇床中进行降解实验;不加 N435 脂肪酶的实验为空白对照。

2 结果与讨论

2.1 共聚酯的结构表征

采用 ¹H-NMR 对 PBS 和 PBS-co-DEG 的结构进行了鉴定,结果如图 1 所示。图 1a 中,化学位移

$\delta=1.72$ 和 $\delta=4.13$ 处分别为丁二醇段亚甲基 1 和 3 上的质子峰; $\delta=2.38$ 处为丁二酸段亚甲基 2 上的质子峰; 与图 1a 相比,图 1b 中除了丁二酸和丁二醇上亚甲基质子峰外,在 $\delta=3.67$ 和 $\delta=4.23$ 处还出现了二甘醇段亚甲基 4 和 5 上的质子峰,这是由于氧醚原子的影响,化学位移向低场高位移移动。由此表明产物是预期 PBS-co-DEG 共聚酯。

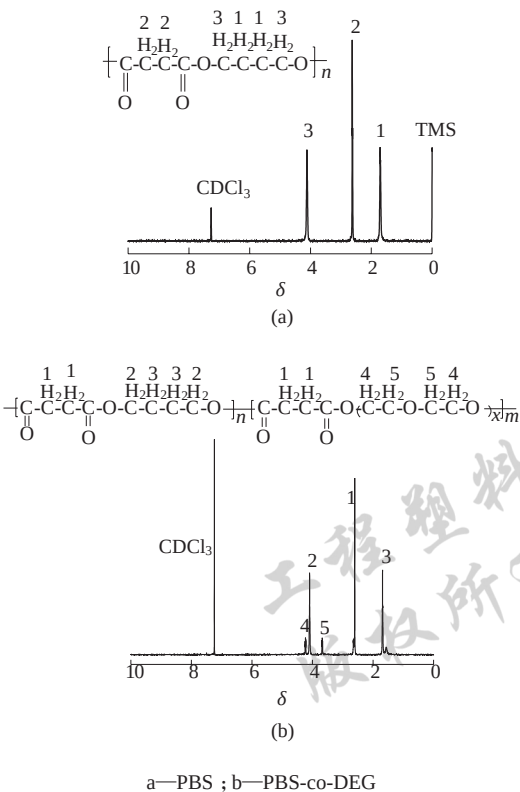


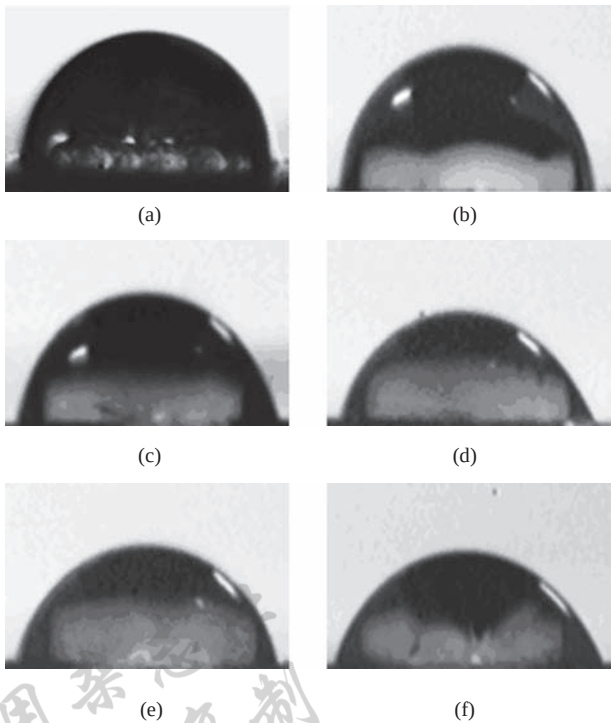
图1 PBS及PBS-co-DEG的¹H-NMR谱图

2.2 共聚酯的亲水性

接触角越大,表明材料是憎液的,即不润湿材料;接触角越小,表明材料是亲液的,即液体可湿润材料。图2示出PBS及PBS-co-DEG的水接触角测试结果,相关数据见表3。由表3可知,PBS的水接触角为91.0°,是疏水聚合物。PBS-co-DEG随着DEG含量的增加水接触角减小,当DEG含量为25%时,PBS-co-DEG的水接触角为64°,聚合物由疏水变为亲水。这是由于DEG中含有亲水的醚键,随着DEG含量增加聚合物的亲水性增强。

2.3 共聚酯的结晶性能

图3为PBS及PBS-co-DEG的偏光显微镜照片。从图3可以看出,DEG的加入没有改变PBS的晶型,但随着DEG含量的增加,PBS-co-DEG共聚酯的结晶尺寸减小。

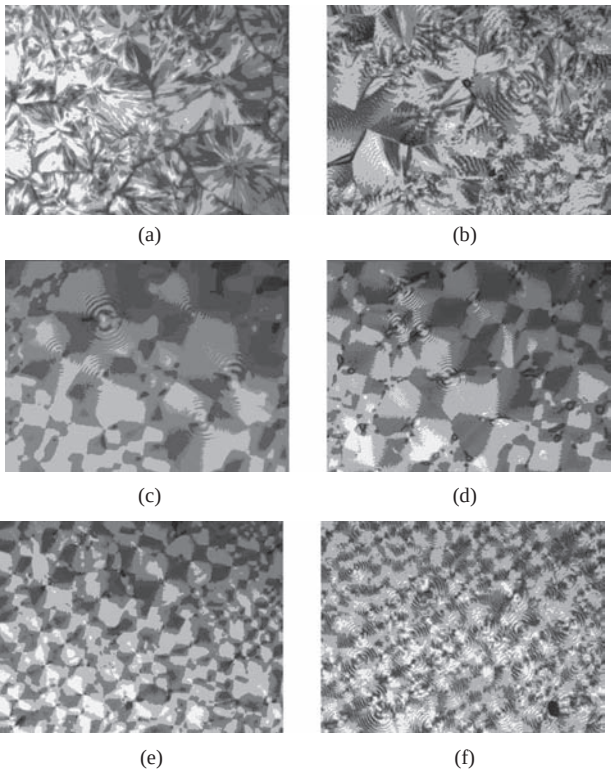


a—1[#]; b—2[#]; c—3[#]; d—4[#]; e—5[#]; f—6[#]

图2 PBS及PBS-co-DEG的水接触角

表3 PBS及PBS-co-DEG的水接触角

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
接触角	91.0	79.0	73.5	70.5	68.0	64.0



a—1[#]; b—2[#]; c—3[#]; d—4[#]; e—5[#]; f—6[#]

图3 PBS及PBS-co-DEG的偏光显微镜照片(×200)

图4为PBS及PBS-co-DEG的WXR D谱图。从图4可以看出,共聚酯的特征衍射峰和PBS的相同,均分布在 $19^{\circ}(020)$ 和 $22^{\circ}(110)$ 左右,为PBS的 α 晶型。由于PBS和DEG各自的晶胞在共聚体系的晶格内不相容,DEG单元作为缺陷存在于PBS单元中,导致共聚酯的结晶度随DEG含量的增加而减小。

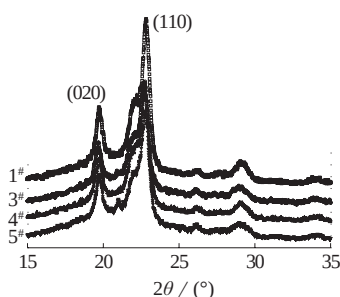


图4 PBS及PBS-co-DEG的WXR D谱图

图5为复合膜的WXR D谱图。与复合膜尖锐的衍射峰相比,TPS膜的衍射峰呈凸起的馒头峰,说明醋酸酯淀粉经糊化后分子链呈无规排列,成非结晶物质。复合膜的特征衍射峰也与PBS特征衍射峰接近,稍微向小角度偏移。

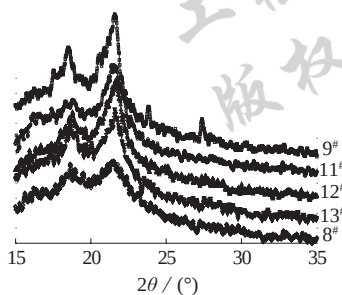


图5 复合膜的WXR D谱图

2.4 复合膜的红外表征

图6为复合膜的FTIR谱图。从图6可以看出,在 1100 cm^{-1} 附近对应的是DEG中醚键的吸收峰; 1240 cm^{-1} 和 1375 cm^{-1} 处对应的是醋酸酯的特征

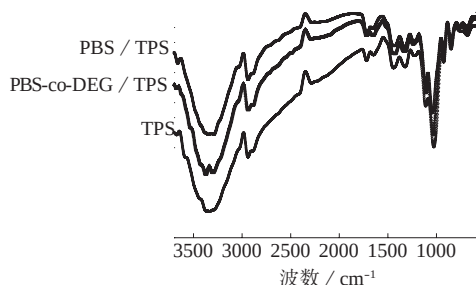


图6 复合膜的FTIR谱图

吸收峰; 1620 cm^{-1} 处为酯基的特征吸收峰; 1750 cm^{-1} 处为醋酸酯淀粉中羰基的伸缩振动峰; $3250\sim 3500\text{ cm}^{-1}$ 附近对应的是淀粉中羟基伸缩振动峰,随着聚酯的加入而明显减弱,FTIR谱图也验证了复合膜的化学结构。

2.5 复合膜的透过率

图7为复合膜的光透过率。由于淀粉经糊化后原有的分子链结构被完全扰乱,使其由结晶态转变为非结晶态,因此,TPS膜在可见光范围内透过率最高;PBS为半结晶物质,与糊化淀粉共混得到的PBS/TPS复合膜透过率最小;DEG的加入打破了PBS的螺旋结构,使共聚酯的结晶度降低,与糊化淀粉共混后所得复合膜PBS-co-DEG/TPS在可见光范围内的光透过率随着DEG含量的增加而显著增加。

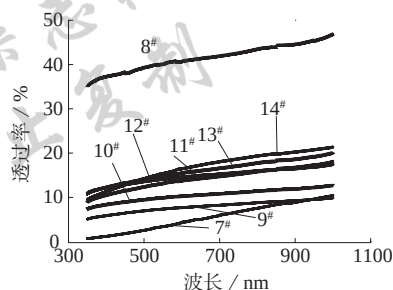


图7 复合膜的光透过率

2.6 复合膜的力学性能

表4示出不同含量DEG复合膜的力学性能。从表4可以看出,与PBS薄膜相比,复合膜的拉伸强度大幅减小,断裂伸长率显著提高;与PBS/TPS复合膜相比,随着DEG含量增加,PBS-co-DEG/TPS复合膜的拉伸强度和断裂伸长率均有所增加,这是因为DEG中含有亲水的柔性醚键,DEG与PBS共聚可提高PBS-co-DEG共聚酯分子链的柔韧性和亲水性,导致共聚酯与淀粉的相容性增加,两相界面之间的相互作用力增强,从而提高复合膜的断裂伸长率。

表4 复合膜的力学性能

试样编号	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %
7 [#]	30.99	9.85
8 [#]	3.58	78.34
9 [#]	1.86	25.54
10 [#]	1.91	53.10
11 [#]	4.29	87.50
12 [#]	3.80	90.70
13 [#]	4.27	93.02
14 [#]	3.67	97.85

2.7 复合膜的热稳定性

图 8 为复合膜在氮气氛围条件下的热降解谱图,相关热性能参数见表 5。由图 8 可以看出,复合膜的热分解是分三个阶段完成的:第一个失重阶段(100~200℃)主要是体系中水、甘油等小分子挥发物的挥发过程;第二个失重阶段(200~300℃)主要是醋酸酯淀粉的热降解,即羟基的脱水和低分子量脂肪族化合物的生成;第三个失重阶段(300~400℃)主要为共聚酯链段的失重。由热性能参数可看出, PBS/TPS 复合膜的热稳定性较 PBS 膜明显降低, DEG 的加入改善了 PBS 与醋酸酯淀粉的相容性,使两相间的相互作用力增强,导致 PBS-co-DEG/TPS 复合膜的热分解温度比 TPS 膜和 PBS/TPS 复合膜显著提高,其失重 50% 时的热分解温度均在 290℃ 以上。

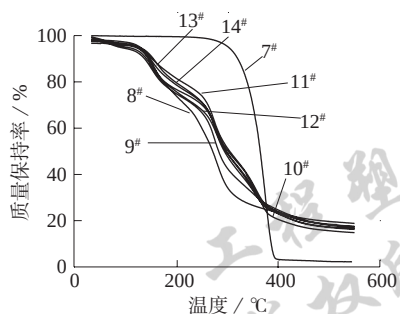


图 8 复合膜的 TG 曲线

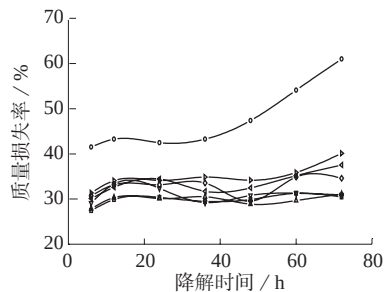
表 5 复合膜失重 5% 和 50% 的热分解温度

试样编号	5% 失重温度 / °C	50% 失重温度 / °C
7 [#]	301.10	363.70
8 [#]	86.16	269.96
9 [#]	99.94	281.68
10 [#]	120.93	300.29
11 [#]	126.68	303.62
12 [#]	116.69	293.00
13 [#]	120.91	296.43
14 [#]	124.80	296.40

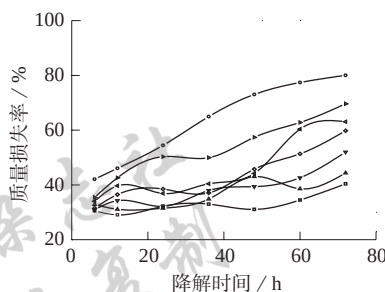
2.8 复合膜的降解性

复合膜的酶降解反应是受聚酯分子质量、结晶度、降解温度及膜表面与降解液之间的接触面积等多个因素共同作用的。图 9 示出复合膜的质量损失与降解时间关系。由图 9 可看出,复合膜在 N435 脂肪酶水溶液 (pH=7.2) 中具有较快的降解速率,随 DEG 含量的增加降解速率增大。一方面 DEG 的引入破坏了 PBS 分子链的螺旋结构,使其规整性和对称性降低,导致共聚酯的结晶度减小、非结晶区增加, N435 酶的活性分子更容易侵入共聚酯的非结晶区,引发酶解反应;另一方面随着共聚酯的降解,

复合膜的表面出现较多的孔洞有利于水分子进入,从而促进淀粉的水解。综合以上因素最终导致复合膜在 N435 脂肪酶作用下的降解速率增大。



(a)



(b)

○—8[#]; □—9[#]; △—10[#]; ▽—11[#]; ◇—12[#]; ◀—13[#]; ▶—14[#]
a—空白对比实验; b—在 N435 脂肪酶作用下的降解实验

图 9 复合膜的质量损失与降解时间关系

3 结论

(1) 采用流延法制备了柔韧性良好的 PBS/TPS 和 PBS-co-DEG/TPS 复合膜。

(2) DEG 的引入提高了共聚酯的亲水性,未改变 PBS 的结晶形态, PBS-co-DEG 共聚酯经等温结晶后呈现出环状球晶形貌。

(3) 随 DEG 含量的增加, PBS-co-DEG/TPS 复合膜的断裂伸长率、光透过率及降解性显著增加。

参考文献

- [1] Díaz A, Franco L, Estrany F, et al. Poly(butylene azelate-co-butylene succinate) copolymers: Crystalline morphologies and degradation[J]. Polymer Degradation and Stability, 2014(99):80-91.
- [2] 高明,王秀芬,郭锐,等. PBS 基生物降解材料的研究进展 [J]. 高分子通报, 2004, 10(5):51-55.
Gao Ming, Wang Xiufen, Guo Rui, et al. Progress of study on PBS-based biodegradable materials[J]. Polymer Bulletin, 2004, 10(5):51-55.
- [3] Gupta B, Revagade N, Hilborn J. Poly(lactic acid) fiber: An overview[J]. Progress in Polymer Science, 2007, 32(4):455-482.
- [4] 张世平,宫铭,党媛,等. 聚丁二酸丁二醇酯的研究进展 [J]. 高分子通报, 2011, 3(3):86-93.
Zhang Shiping, Gong Ming, Dang Yuan, et al. Research progress

- of poly(butylene succinate)[J]. Polymer Bulletin, 2011, 3(3):86-93.
- [5] 郝瑞,周艺峰,聂王焰. 聚(丁二酸丁二醇酯癸二酸丁二醇酯)的合成与表征[J]. 高分子材料科学与工程, 2012, 28(3):33-36.
Hao Rui, Zhou Yifeng, Nie Wangyan. Synthesis and characterization of poly(butylene succinate-co-butylene sebacate)[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2012, 28(3):33-36.
- [6] Gigli M, Lotti N, Gazzano M, et al. Novel eco-friendly random copolyesters of poly(butylene succinate) containing ether-linkages[J]. Reactive & Function Polymers, 2012, 72:303-310.
- [7] Zhou Xiaoming. Synthesis and characterization of polyester copolymers based on poly(butylene succinate) and poly(ethylene glycol)[J]. Materials Science and Engineering, 2012, 32:2 459-2 463.
- [8] 张敏,商明明,顾利民,等. 聚乙二醇嵌段长碳链二酸共聚物的合成与酶降解研究[J]. 中国塑料, 2014, 28(1):49-54.
Zhang Min, Shang Mingming, Gu Limin, et al. Synthesis and enzymatic degradation of polyethylene glycol block copolymers with long-chain diacid[J]. China Plastics, 2014, 28(1):49-54.
- [9] Soulis S, Triantou D, Weidner S, et al. Structural analysis of biodegradable low-molecular mass copolyesters based on glycolic acid, adipic acid and 1,4 butanediol and correlation with their hydrolytic degradation[J]. Polymer Degradation and Stability, 2012, 97:2 091-2 103.
- [10] 杨晋辉,于九皋,马晓飞. 热塑性淀粉的制备、性质及应用研究进展[J]. 高分子通报, 2006, 19(11):145-147.
Yang Jinhui, Yu Jiugao, Ma Xiaofei. Preparation, properties and application of thermoplasticized starch(TPS)[J]. Polymer Bulletin, 2006, 19(11):145-147.
- [11] Xue Tao, Yu Long, Xie Fengwei. Rheological properties and phases transition of starch under shear stress[J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22(6):973-978.
- [12] 汪秀丽,张玉荣,王玉忠. 淀粉基高分子材料的研究进展[J]. 高分子学报, 2011, 1(1):24-35.
Wang Xiuli, Zhang Yurong, Wang Yuzhong. Recent progress in starch-based polymeric materials[J]. Journal of Polymer Science, 2011, 1(1):24-35.
- [13] Li Jiwei, Luo Xuegang, Lin Xiaoyan, et al. Comparative study on the blends of PBS / thermoplastic starch prepared from waxy and normal corn starches[J]. Starch, 2013, 65:831-839.

新型硬质 PVC 可替代 PC 应用于医疗器件

特诺尔爱佩斯公司正致力于一个项目:在医疗连接器中,用 PC 替代硬质 PVC。“目前我们正在收集这方面的数据,我相信在医疗器械设计与制造技术西部博览会甚至在 2015 年 3 月即将举行的 NPE2015 上,我们将会谈论这个项目。”该公司行业经理 Peter Galland 表示。

相关消息称,在美国加利福尼亚州阿纳海姆举行的医疗器械设计与制造技术西部博览会上,特诺尔爱佩斯将公布这项技术。

“PC 很容易破裂或开裂,因为 PC 在接触软质 PVC 部件后,塑化剂就会迁移。”Galland 说道。特诺尔爱佩斯开发的硬质 PVC 据称可以替代 PC,应用于连接件、止回阀等透明医用零部件中,在确保较好强度和透明度的同时,可降低或消除 PC 在接触到导管等软质 PVC 零部件时经常出现的应力断裂现象。

特诺尔爱佩斯经过大量测试,证实其新型 Apex SCR 硬质 PVC 在长期接触软质 PVC 后,经过几周甚至更长时间,并无出现开裂现象。而传统硬质 PVC 或广泛应用于医疗器材的 PC,在同样条件下在几小时后就会开裂。

据特诺尔爱佩斯称,Apex SCR 硬质 PVC 符合 ISO 10993-1 和 USP Class VI 等生物相容性标准,可用环氧乙烷和加热方式进行杀菌,具备良好的热稳定性,而且容易加工。相比其它需要过多加工才适合这项应用的树脂,这种材料能够节省成本。

适合的应用包括 Y 型连接器、插管 / 止回阀、凹凸面鲁尔接头、过滤器外壳、滴注器、盖子和标本容器。(中塑在线)

三项增强塑料新标准发布

工业和信息化部近日批准发布了《工业多聚磷酸》等 303 项行业标准及 1 项化工行业标准样品,其中包括《钢-玻璃纤维增强塑料双层埋地储油罐》(JC/T2286-2014)、《玻璃纤维增强塑料快装脚手架》(JC/T2287-2014)、《整体浇铸乙烯基树脂混凝土电解槽》(HG/T4752-2014) 3 项复合材料标准将于 2015 年 6 月 1 日起实施。

据悉,《钢-玻璃纤维增强塑料双层埋地储油罐》规定了钢-玻璃纤维增强塑料双层埋地储油罐的产品结构、规格和标记、一般要求、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。该标准适用于以钢为内壳,以喷射工艺成型的玻璃纤维增强塑料为外壳、内壳与外壳之间形成的间隙中安装泄漏检测器、其充装系数为 0.9,在常压下贮存汽油、乙醇汽油、柴油、航空煤油、航空汽油的双层埋地储油罐。

《玻璃纤维增强塑料快装脚手架》规定了玻璃纤维增强塑料快装脚手架的结构、分类和标记、材料及配件、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。该标准适用于拉挤或拉挤缠绕工艺制作的玻璃纤维增强塑料型材为主构件的,用于电力登高作业、机械安装及维修登高作业等工业登高作业的手脚架,不适用于建筑施工快装手脚架。

《整体浇铸乙烯基树脂混凝土电解槽》规定了整体浇铸乙烯基树脂混凝土电解槽的产品标记、要求、试验方法、检验规则及标志、运输、贮存等。该标准适用于以有色金属湿法冶炼为使用目的,以耐酸石英砂等为增强骨料,以乙烯基树脂为胶结材料的整体浇铸电解槽及类似的不同使用环境的整体浇铸乙烯基树脂电解槽。(中塑机网)