

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.05.020

γ 射线辐照对 PVAL/Gel 共混膜拉伸性能的影响^{*}

李来丙, 龚必珍

(湖南工学院材料与化学工程学院, 湖南衡阳 421002)

摘要: 将明胶 (Gel) 按不同比例加入到聚乙烯醇 (PVAL) 溶液中, 制备 Gel 质量分数分别为 0%, 5%, 10%, 15% 和 20% 的混合溶液, 混合均匀后分别浇铸到用硅纸覆盖的玻璃板上制备 PVAL/Gel 共混膜。研究了用不同剂量的 γ 射线 (^{60}Co) 辐照对共混膜拉伸性能的影响, 最后用傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 和扫描电子显微镜 (SEM) 对共混膜进行了结构表征和形貌分析。研究表明, 用 γ 射线辐照时, 纯 PVAL 膜、PVAL/Gel 共混膜的拉伸强度和断裂伸长率均随着辐照剂量的增加而升高, 但达到一定值后又开始下降; 当辐照剂量为 150 krad 时, 纯 PVAL 膜的拉伸强度达到最大值, 为 37 MPa; 当辐照剂量为 50 krad 时, Gel 质量分数分别为 5%, 10%, 15% 的共混膜的拉伸强度值均有极大值, 分别为 33, 26, 24 MPa。当辐照剂量为 100 krad 时, 共混膜的断裂伸长率均有极大值, 其中纯 PVAL 膜、Gel 质量分数为 10% 的共混膜的断裂伸长率分别为 175%, 162%。FTIR 和 SEM 分析结果表明, γ 射线辐照处理后的膜发生了化学反应, 形成了更多的化学键, 改善了膜的拉伸性能。

关键词: γ 射线辐照; 明胶; 聚乙烯醇; 共混膜; 拉伸性能

中图分类号: TQ337+1, TQ320.72+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)05-0108-06

Effects of γ Ray Irradiation on Tensile Properties of Polyvinyl Alcohol/Gelatin Blend Films

Li Laibing, Gong Bizhen

(School of Materials and Chemistry Engineering, Hunan Institute of Technology, Hengyang 421002, China)

Abstract: The gelatin (Gel) solution was added into polyvinyl alcohol (PVAL) solution at different proportions to prepare mixed solution with Gel mass fraction of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% respectively, PVAL/Gel blend films were prepared by casting on a glass plate covered with silicon paper after mixing. The effects of different doses of γ rays (^{60}Co) irradiation on the tensile properties of the blend films were investigated, finally, the structures and morphologies of the blend films were analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and scanning electron microscopy (SEM). The results show that, the tensile strength and elongation at break of pure PVAL film and PVAL/Gel blend films increase with the increase of irradiation dose, then decrease after reaching a certain value. When the irradiation dose is 150 krad, the tensile strength of pure PVAL film reaches a maximum value of 37 MPa. When the irradiation dose is 50 krad and Gel mass fraction are 5%, 10%, 15%, the tensile strengths of PVAL/Gel blend films reach maximum values of 33, 26, 24 MPa respectively. When the irradiation dose is 100 krad, the elongations at break of the blend film reach the maximum values, the elongation at break of pure PVAL film and blend film with Gel mass fraction of 10% are 175% and 162%. FTIR and SEM analyses show that the film after γ ray irradiation treatment has chemical reaction to form more chemical bond, improves the tensile properties of the film.

Keywords: γ ray irradiation; gelatin; polyvinyl alcohol; blend film; tensile property

近年来, 聚合物共混膜已越来越多地应用在工业和科学领域。聚合物共混膜的力学性能、形态、渗透性和降解等都与共混物的混溶性相关, 因此共混物的相容性非常重要。目前, 两种或更多种聚合物的共混技术对改进聚合塑料的性价比越来越重要, 例如, 可以利用共混降低工程热塑性塑料昂贵的成本, 改善工程塑料的加工性能, 或提高耐冲击性等。

聚乙烯醇 (PVAL) 是聚乙酸乙烯酯 (PVAC) 的

水解产物, 是极性水溶性聚合物, 在有氧和厌氧条件下 PVAL 都能实现生物降解, 具有良好的生物降解性, 此外还具有优异的成膜性、乳化性和粘合性, 高

^{*} 湖南省自然科学基金项目 (2017JJ2063), 湖南省重点建设学科项目 (湘教发 [2011]76 号), 湖南省教育厅重点项目 (16A053), 衡阳市科技计划项目 (2016KS40)

联系人: 李来丙, 硕士, 副教授, 主要研究方向为有机高分子材料、复合材料的合成与改性

收稿日期: 2017-02-23

的拉伸强度和柔韧性,因为羟基基团体积比较小,可以存在于晶格中而不会破坏晶格^[1-4]。明胶 (Gel) 是一种结构蛋白,通常含有约 15% 的水,1%~4% 的无机盐和微量的油脂,在生物医学领域应用广泛,如最常用的软胶囊、微球、伤口敷料等。当明胶与甘油或山梨醇一起混合时,会产生柔软的韧性膜,这种膜经过多次化学物理处理,可导致表面结构和表面能发生变化^[5-10]。

γ 射线辐照处理可以促进天然高分子和合成聚合物之间发生交联反应,并降低聚合物膜的亲水性。有学者对 γ 射线照射合成聚合物进行了研究。耿胜荣等^[11] 研究了 ^{60}Co γ 射线辐照剂量对 Gel 特性和结构的影响,研究发现, γ 射线辐照增加了肽链之间的交联,提高了膜的力学性能;杨小敏等^[12] 采用 γ 射线辐照法制备了 PVAL/ 聚乙烯吡咯烷酮/壳聚糖共混水凝胶,研究了辐射剂量等对水凝胶性能的影响。卢晓霞等^[13] 在钴源 γ 射线辐照下共聚制备水凝胶,研究了辐照时间和辐照剂量率对水凝胶的影响,结果表明,凝胶的交联程度随辐照剂量呈规律性变化,辐照交联聚合的单体浓度对凝胶的性能有较大的影响。陈庆德等^[14] 使用 γ 射线辐照合成 *N,N'*-亚甲基双丙烯酰胺与 4-乙烯基吡啶共聚微凝胶,发现 γ 射线辐照能提高生物聚合物膜的拉伸性能。

对于利用 γ 辐射合成生物膜材料的报道很少。Gel 具有良好的生物降解性、生物相容性与组织相容性,降解后可形成无毒产物等优点,而且价格低廉,因此它可用作生物高分子材料和医用材料。笔者以 Gel 作为生物组分与主要合成组分 PVAL 通过共混技术制备 PVAL/Gel 复合膜,方法简单易行,复合膜兼具 Gel 的生物相容性、可降解性和 PVAL 良好的力学性能,可望在药物控释、包装等领域得到应用。

1 实验部分

1.1 主要原材料

Gel : 医药级,孟加拉国 Opsonin 制药有限公司;

PVAL : 化学纯,分子量为 72 000,布克斯化学合成公司。

1.2 主要设备与仪器

恒温真空烘箱: DZF-6090 型,上海吉呈仪器设备有限公司;

万能材料试验机: Instron5567 型,美国 Instron 公司;

傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 仪: Nicolet6700 型,美国 Thermo Scientific 公司;

扫描电子显微镜 (SEM) : Quanta-200 型,荷兰 FEI 公司。

1.3 辐照条件

选用 ^{60}Co γ 射线辐照源 (由湖南大学化学化工学院实验中心提供)。设计装源容量为 1.85×10^{16} Bq, 现有放射性活度为 5.84×10^{15} Bq, 吸收剂量选择为 50, 100, 150, 250, 500 krad, 剂量率为 250 Gy/min, 采用 Fricke 剂量计标定。

1.4 实验方法

(1) 共混膜的制备。

文献 [15] 研究表明, Gel 和 PVAL 两种水溶液混合后形成的是均匀的水溶液,表明两种组分在水中有良好的相容性。但是,当 Gel 质量分数超过 20% 时,溶液会出现相分离和不透明现象,不利于共混膜的制备。因此,选取 Gel 的质量分数分别为 0%, 5%, 10%, 15% 和 20% 制备 PVAL/Gel 共混膜,分别记为 P1, P2, P3, P4 膜和 P5 膜。PVAL/Gel 共混膜配方列于表 1。

表 1 PVAL/Gel 共混膜配方

配方编号	组分	
	PVAL / %	Gel / %
P1	100	0
P2	95	5
P3	90	10
P4	85	15
P5	80	20

取一定量的 Gel 和 PVAL, 分别加入一定量的去离子水, 分别升温至 55℃ 和 85℃, 恒定搅拌下溶解、过滤, 得质量分数均为 20% 的 Gel 和 PVAL 水溶液, 再将 20% 的 Gel 溶液分别配制成 5%, 10%, 15% 的三种 Gel 溶液, 备用。

在三口瓶中先加入 95 g 质量分数为 20% 的热 PVAL 溶液, 5 g 质量分数为 5% 的 Gel 溶液, 混合 1.5 h, 得混合均匀的 PVAL/Gel 混合溶液, 然后将 PVAL/Gel 混合溶液浇到硅布覆盖的玻璃板上, 保持厚度 4 mm (干燥前), 在恒温真空烘箱中于 50℃ 干燥 12 h, 冷却后将干燥的膜从硅布上剥离, 获得厚度约为 0.30 mm 的 PVAL/Gel 共混膜 (P2 膜)。对干燥的共混膜进行裁剪, 尺寸为 10 mm × 10 mm × 0.30 mm, 备用。

用同样的实验方法按表 1 中的配方制备 P1, P3, P4, P5 膜, 同时用质量分数为 20% 的 Gel 溶液制备纯 Gel 膜。

(2) 共混膜的 γ 射线辐照处理。

在 50, 100, 150, 250 krad 和 500 krad 等不同辐照剂量下对共混膜进行 γ 射线辐照。

1.5 性能测试

(1) 拉伸性能测试。

参照 GB/T 1040.3-2006 测试 PVAL/Gel 共混膜的拉伸强度和断裂伸长率。拉伸速率为 10 mm/min, 夹距为 30 mm。每组样品至少重复测定 5 次, 取平均值。

(2) FTIR 分析。

采用 KBr 混合粉末压片, 扫描次数为 32 次, 分辨率为 4 cm^{-1} , 测试范围为 500 ~ 4000 cm^{-1} 。

(3) SEM 分析。

将凝胶在去离子水中溶胀平衡后, 在超低温冷冻冰箱中于 -60℃ 冷冻, 然后进行冷冻干燥, 在液氮中脆断, 表面喷金, 用 SEM 观察 PVAL/Gel 共混膜脆断面形貌, 加速电压为 10 kV。

2 结果与讨论

2.1 γ 射线辐照对 PVAL/Gel 共混膜力学性能的影响

(1) γ 射线辐照对共混膜拉伸强度的影响。

测定不同 Gel 含量下未进行 γ 射线辐照的 PVAL/Gel 共混膜的拉伸强度, 结果如图 1 所示。由图 1 可以看出, 随着 Gel 含量的增加, 共混膜的拉伸强度明显下降。当未添加 Gel 时, 即纯 PVAL 膜的拉伸强度为 31 MPa, 当 Gel 质量分数分别为 5%, 10%, 15%, 25% 时, PVAL/Gel 共混膜的拉伸强度分别为 27, 25, 22, 18 MPa。

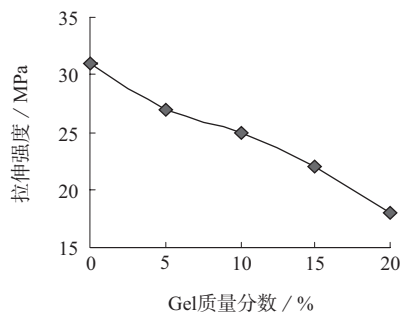


图 1 不同 Gel 含量下未进行 γ 射线辐照的 PVAL/Gel 共混膜的拉伸强度

在不同辐照剂量下分别对 PVAL/Gel 共混膜进行 γ 射线辐照处理, 测定共混膜的拉伸强度, 结果如图 2 所示。

从图 2 可以看出, 随着 γ 射线辐照剂量的增加, 纯 PVAL 膜 (P1 膜) 的拉伸强度呈现先增大后减小

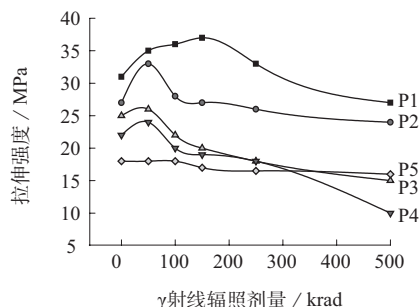


图 2 不同 γ 射线辐照剂量下 PVAL/Gel 共混膜的拉伸强度

的趋势。这是由于在 γ 射线辐照下, PVAL 分子内部的一OH 发生了交联反应, 提高了膜的拉伸强度。当辐照剂量增大到 150 krad 时, 拉伸强度达到最大值, 为 37 MPa。当继续增大辐照剂量时, PVAL 膜内的分子链发生断裂^[16-19], 从而导致膜的拉伸强度下降。

从图 2 可以看出, 随着 γ 射线辐照剂量的增加, PVAL/Gel 共混膜的拉伸强度同样呈现先增大后减小的趋势。对于 P2, P3, P4 三种共混膜, 当辐照剂量为 50 krad 时, 其拉伸强度均达到极大值, 分别为 33, 26, 24 MPa。这主要是因为 PVAL 与 Gel 共混时就已经发生了化学反应, 加上 γ 射线辐照 Gel 分子时其化学链断裂, 产生了可以相互发生反应的自由基, 能形成更多的化学键, 使反应速度较快, 因而低辐照剂量 (50 krad) 时共混膜的拉伸强度增大。随着辐照剂量的继续增加, 共混膜的分子链会发生断裂, 导致共混膜的拉伸强度下降。但对于 PVAL/Gel 共混膜 (P5 膜), γ 射线辐照的影响不明显。这可能是因为制备 P5 膜时, Gel 质量分数达到 20%, 使 PVAL/Gel 共混膜的结构很稳定, γ 射线辐照不能破坏其化学键, 因此, P5 的拉伸强度变化不大。

从图 2 还可以看出, 随着 Gel 用量的增加, PVAL/Gel 共混膜的拉伸强度总体呈现下降的趋势。这是因为 Gel 的含量对 PVAL 膜的力学性能有较大的影响。随着 Gel 含量的增加, PVAL 含量下降, 羟基相对含量降低, Gel 与 PVAL 间的相互作用减弱, 同时 PVAL 含量降低时, 混合溶液在干燥时不容易发生胶水交联, 形成的小聚集体较少, 影响膜的力学性能, 从而使共混膜的拉伸强度下降。

(2) γ 射线辐照对共混膜断裂伸长率的影响。

测定不同 Gel 含量下未进行 γ 射线辐照的 PVAL/Gel 共混膜的断裂伸长率, 结果如图 3 所示。由图 3 可以看出, 随着 Gel 含量的增加, 共混膜的断

裂伸长率急剧下降。当 Gel 质量分数增加到 20% 时,断裂伸长率从未添加 Gel 时的 163 MPa 降至 56 MPa。这是因为 PVAL 分子内和分子间存在大量的氢键作用,使得其具有稳定的聚集态结构,具有较好的断裂伸长率,加入 Gel 后, PVAL 与 Gel 发生化学反应, PVAL 的氢键结构遭到破坏,导致了断裂伸长率降低。

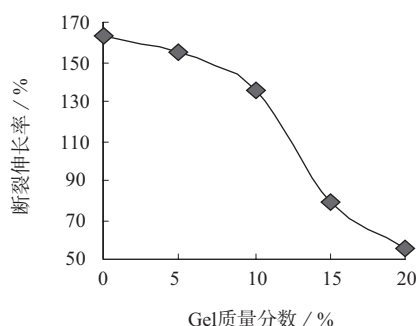


图3 不同 Gel 含量下未进行 γ 射线辐照的 PVAL/Gel 共混膜的断裂伸长率

在不同辐照剂量下分别对 PVAL/Gel 共混膜进行 γ 射线辐照处理,测定共混膜的断裂伸长率,结果如图4所示。

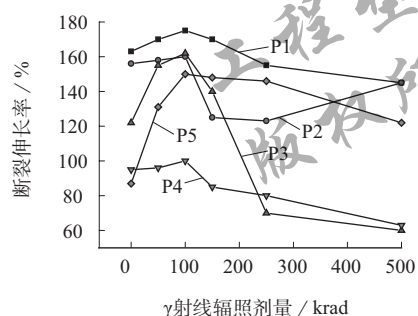


图4 不同 γ 射线辐照剂量下 PVAL/Gel 共混膜的断裂伸长率

从图4可以看出,在辐照剂量分别为 0, 50, 100 krad 时,纯 PVAL 膜(P1 膜)的断裂伸长率值分别为 163%, 170%, 175%, 呈现出明显的增大趋势。这主要是因为 γ 射线辐照纯 PVAL 膜时, PVAL 分子中的羟基在 γ 射线辐照条件下相互作用形成了更多的化学键,因此,随着辐射剂量的增加,共混膜的断裂伸长率增大。当继续增加辐射剂量到 150, 250, 500 krad 时, P1 膜的断裂伸长率分别为 170%, 155%, 145%, 呈现明显下降趋势。这是因为辐射剂量太高时会导致聚合物链的断裂,从而引起聚合物的降解,导致断裂伸长率下降。

从图4可以看出,随着 γ 射线辐照剂量的增加, PVAL/Gel 共混膜的断裂伸长率呈现先增大后减小的趋势。 γ 射线辐照对于 P3 膜的断裂伸长率影响

最明显。在辐照剂量分别为 0, 50, 100 krad 时, P3 膜的断裂伸长率分别为 122%, 155%, 162%, 呈现出明显增大的趋势。这主要是因为 γ 射线辐照 PVAL/Gel 共混膜时, PVAL 和 Gel 分子中的羟基自由基被引发,发生了交联反应,因此,随辐射剂量的增加, P3 膜的断裂伸长率增大。继续增加辐射剂量到 150, 250, 500 krad 时, P3 膜的断裂伸长率分别为 140%, 70%, 60%, 呈现明显下降趋势。这是因为辐射剂量太高时会导致 PVAL/Gel 共混物中化学键的断裂,从而引起共混物降解,造成 P3 膜的断裂伸长率下降。

2.2 FTIR 分析

在 500 ~ 4000 cm^{-1} 范围内,未经 γ 射线辐照的纯 PVAL、纯 Gel 和经 γ 射线辐照 (辐照剂量为 100 krad) 的 P2 膜的 FTIR 谱图。

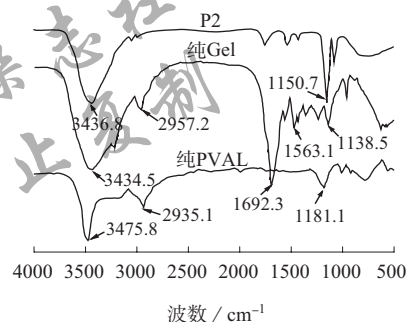


图5 纯 PVAL 膜、纯 Gel 膜及 P2 膜的 FTIR 谱图

从图5可以发现,纯 PVAL 膜的 FTIR 谱图在 3475.8 cm^{-1} 处有强吸收峰,此峰为—OH 的伸缩振动峰;由于—OH 和 C—H 键的伸缩,在 2935.1 cm^{-1} 处出现—CH₂ 的吸收峰;在 1181.1 cm^{-1} 处出现仲醇的 C—O 的伸缩特征峰。

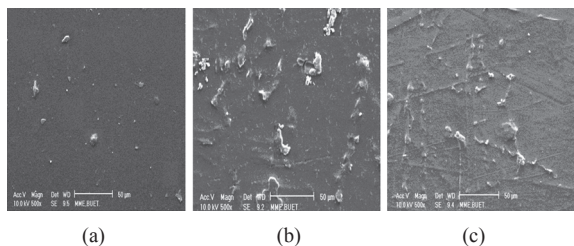
同样由图5可以发现,纯 Gel 膜的 FTIR 谱图在 3434.5 cm^{-1} 处的峰显示为仲酰胺的—NH 的伸缩峰;在 2957.2 cm^{-1} 处出现的峰是甲基和亚甲基的伸缩特征吸收峰;在 1692.3 cm^{-1} 出现的峰是 Gel 中酰胺键的特征吸收峰,肽键的特征光谱主要集中在 1692.3 ~ 1138.5 cm^{-1} 之间的酰胺 I 带和 II 带。其中酰胺 I 带主要是由于 C=O 双键的伸缩振动而产生,波数范围在 1692.3 ~ 1563.1 cm^{-1} 之间;酰胺 II 带是由于—NH 键的弯曲和 C—N 键的拉伸而产生,波数范围在 1563.1 ~ 1138.5 cm^{-1} 之间。

从图5中 P2 膜的 FTIR 谱图可以看到,在 3436.8 cm^{-1} 处存在强吸收峰单峰,与纯 PVAL 膜 3475.8 cm^{-1} 处的强吸收峰相比,波数有所降低,说明共混膜在 γ 射线辐照下, PVAL 中的—OH 与 Gel

的仲酰胺的—NH发生了缔合;同时也发现,P2膜的FTIR图中在 1700 cm^{-1} 附近和 3000 cm^{-1} 附近没有发现酰胺基和—CH₂的任何特征吸收峰,但在 1150.7 cm^{-1} 处存在1个强吸收峰,表明PVAL和Gel中的这些基团通过交联发生了化学反应,形成了醚键。

2.3 SEM分析

未经 γ 射线辐照的纯PVAL膜和纯Gel膜及经 γ 射线辐照的P2膜的SEM照片如图6所示。



a—未经 γ 射线辐照的纯PVAL膜;b—未经 γ 射线辐照的纯Gel膜;
c—经 γ 射线辐照的P2膜

图6 未经 γ 射线辐照的纯PVAL膜和纯Gel膜及
经 γ 射线辐照的P2膜的SEM照片

由图6a可以看出,未经 γ 射线辐照的纯PVAL膜的表面光滑,颗粒状固体很少,体现出PVAL有很好的分散性能,并且与其他分子的相容性很好,因此,PVAL具有很好的成膜性能。

由图6b可以看出,未使用 γ 射线辐照的纯Gel膜的表面有一些未结合的微粒,大小不一,其中最大颗粒的长度达到 $20\text{ }\mu\text{m}$,并且颗粒比较多,分布不均匀,无规律可循,说明Gel膜中分子分散不均匀,成膜性能差。这也可能是Gel膜的力学性能比较差的重要原因。

由图6c可以看出,经 γ 射线辐照的P2膜的表面上附有少量未结合的颗粒,这是因为加入5%的Gel后,体系的相容性变差,造成颗粒分布不均匀,共混膜的表面不光滑。从SEM照片上还可以发现,膜表面上还有细小纹路。这主要是由于共混膜在100 krad的 γ 射线辐照下,少数PVAL分子和Gel分子发生了化学反应,分子之间发生了交联,形成新的共价键,合成了新的更复杂的复合物,加强了膜内分子之间的化学键作用,这也可能是 γ 射线辐照共混膜时能增强共混膜力学性能的重要原因。

3 结论

利用共混法制备PVAL/Gel共混膜,通过 γ 射线辐照,研究共混膜的力学性能,得出如下结论:

(1) 经 γ 射线辐照,纯PVAL膜、PVAL/Gel共

混膜的拉伸强度和断裂伸长率均随着辐照剂量的增大而升高,但达到一定值后又开始下降。

(2) 当辐照剂量为150 krad时,P1膜的拉伸强度达到最大值,为37 MPa;辐照剂量为50 krad时,P2,P3,P4膜的拉伸强度均达到极大值,分别为33,26,24 MPa。

(3) 当辐照剂量为100 krad时,P1,P2,P3,P4,P5膜的断裂伸长率都有极大值,其中为P1,P3膜的断裂伸长率分别为175%,162%。

(4) FTIR和SEM分析结果表明,经 γ 射线辐照处理后的膜发生了化学反应,形成了更多的化学键,改善了膜的拉伸性能。

参考文献

- [1] 李昕,王喜常,郑一平,等. PEDOT-PSS/Co-Fe₃O₄/PVA电磁功能复合纤维结构与性能[J]. 高分子学报,2016,60(1):91-97.
Li Xin, Wang Xichang, Zheng Yiping, et al. Structure and properties of PEDOT-PSS/Co-Fe₃O₄/PVA electromagnetic functional composite fibers[J]. Acta Polymerica Sinica,2016,60(1):91-97.
- [2] 唐金波,蒋婷,张森杰,等. 无机盐对淀粉/聚乙烯醇共混材料结构与性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程,2016,32(4):63-67.
Tang Jinbo, Jiang Ting, Zhang Linjie, et al. Effect of inorganic salts on the structure and properties of starch/poly(vinyl alcohol) composite[J]. Polymer Materials Science and Engineering,2016,32(4):63-67.
- [3] 王郗,杨玉军,李莉. 热塑性聚乙烯醇/纳米羟基磷灰石复合材料的结构与性能[J]. 高分子学报,2013,57(10):1247-1252.
Wang Xi, Yang Yujun, Li Li. Structure and properties of poly(vinyl alcohol)/nano-hydroxyapatite composites prepared by thermal processing[J]. Acta Polymerica Sinica,2013,57(10):1247-1252.
- [4] 刘翠云,高喜平,刘捷,等. 聚乙烯醇/明胶/氧化石墨烯纳米复合水凝胶的制备及性能[J]. 高分子材料科学与工程,2015,31(8):156-161.
Liu Cuiyun, Gao Xiping, Liu Jie, et al. Preparation and properties of polyvinyl alcohol/gelatin/graphene oxide nanocomposite hydrogels[J]. Polymer Materials Science and Engineering,2015,31(8):156-161.
- [5] 杨玉军,陈宁,王琪. 聚乙烯醇/明胶/纳米羟基磷灰石复合材料热塑加工性能研究[J]. 高分子学报,2014,58(7):956-962.
Yang Yujun, Chen Ning, Wang Qi. Thermal-processing properties of poly(vinyl alcohol)/gelatin/nano-hydroxyapatite composites[J]. Acta Polymerica Sinica,2014,58(7):956-962.
- [6] Gul-E-Noor F, Khan M A, Ghoshal S, et al. Grafting of 2-ethylhexyl acrylate with urea on to gelatin film by gamma radiation[J]. Journal of Macromolecular Science,2009,46:615-624.
- [7] Sarker B, Dey K, Khan R A. Effect of incorporation of polypropylene on the physico-mechanical and thermo-mechanical properties

- of gelatin fiber based linear low density polyethylene bio-foamed composite[J]. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2011, 24:679-694.
- [8] Khan R A, Sarker B, Khan A, et al. Fabrication and characterization of gelatin fiber-based linear low-density polyethylene foamed composite[J]. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2010, 29:2438-2449.
- [9] Zaman H U, Khan M A, Khan R A. Comparison of mechanical and degradation properties of EG and EGDMA grafted gelatin films[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2013, 27:413-422.
- [10] 颜静, 高岩, 王清, 等. 明胶/聚乳酸复合纤维膜的制备、表征及作为角膜细胞载体的评价[J]. 高等学校化学学报, 2012, 33(2):389-394.
- Yan Jing, Gao Yan, Wang Qing, et al. Preparation and characterization of gelatin / PLLA composite fibrous scaffold and evaluation for corneal cells supports[J]. Chemical Journal of Chinese Universities, 2012, 33(2):389-394.
- [11] 耿胜荣, 汪兰, 廖涛, 等. ^{60}Co 射线辐照剂量对明胶特性和结构的影响[J]. 原子能科学技术, 2014, 48(3):512-517.
- Geng Shengrong, Wang Lan, Liao Tao, et al. Effect of dosage on property and structure of gelatin in irradiated by ^{60}Co γ -ray[J]. Atomic Energy Science and Technology, 2014, 48(3):512-517.
- [12] 杨小敏, 刘崎, 付海英, 等. PVA/PVP/ws-chitosan 水凝胶伤口敷料的辐射制备及性能表征[J]. 核技术, 2007, 30(4):356-360.
- Yang Xiaomin, Liu Qi, Fu Haiying, et al. Radiation preparation and characterization of PVA / PVP / ws-chitosan hydrogels[J]. Nuclear Techniques, 2007, 30(4):356-360.
- [13] 卢晓霞, 李鹏云, 李佳敏, 等. 聚丙烯酰胺-g-聚苯胺的导电水凝胶的制备及性能研究[J]. 高分子学报, 2016, 60(11):1564-1571.
- Lu Xiaoxia, Li Pengyun, Li Jiamin, et al. Preparation and investigation of conductive hydrogels of polyacrylamide-g-polyaniline[J]. Acta Polymerica Sinica, 2016, 60(11):1564-1571.
- [14] 陈庆德, 沈兴海, 高宏成. N, N' -亚甲基双丙烯酰胺与 4-乙炔基吡啶共聚微凝胶的 γ -射线辐照合成[J]. 高分子学报, 2005, 49(1):60-65.
- Chen Qingde, Shen Xinghai, Gao Hongcheng. Synthesis of ploy(N, N' -methylenebisacrylamide-co-4-vinylpyridine) Microgels by γ -ray irradiation[J]. Acta Polymerica Sinica, 2005, 49(1):60-65.
- [15] 高喜平, 刘捷, 汤克勇, 等. 明胶/聚乙二醇共混复合膜的相容性[J]. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(7):110-113.
- Gao Xiping, Liu Jie, Tang Keyong, et al. Compatibility in gelatin / PVA composite films[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2013, 29(7):110-113.
- [16] 涂治勇, 罗颖, 叶心亮, 等. 竹纤维与丙烯酸的共辐照接枝改性[J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(9):168-174.
- Tu Zhiyong, Luo Ying, Ye Xinliang, et al. Grafting co-polymerization of acrylic acid with bamboo fiber by γ -radiation[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2011, 27(9):168-174.
- [17] Khan M A, Khan R A, Noor F G, et al. Studies on the mechanical properties of gelatin and its blends with vinyltrimethoxysilane: Effect of gamma radiation[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2009, 76:1326-1333.
- [18] Zaman H U, Khan A H, Hossain M A, et al. Mechanical and electrical properties of jute fabrics reinforced polyethylene / polypropylene composites: Role of gamma radiation[J]. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2009, 48:760-766.
- [19] Jo C, Kang H, Lee N Y, et al. Pectin-and gelatin-based film: Effect of gamma irradiation on the mechanical properties and biodegradation[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2005, 72:745-750.

宁波材料所在生物基元阻燃材料研究方面取得进展

随着全球绿色战略的日益深化,人们认识到“从自然中来,到自然中去”是人与自然和谐共处的最佳方式,也是实现材料可持续发展的必然途径。阻燃剂作为高分子材料安全使用的必要助剂也不例外,因此发展源于生物阻燃剂也成为关注的焦点。然而天然的原材料往往具有许多缺点,如耐热性差、阻燃效率低等,阻碍了其作为优秀的阻燃剂使用。因此必须对其进行合理的化学改性,赋予其优良的热分解性能,克服其作为阻燃剂存在的问题。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所精细磷化工团队根据膨胀型阻燃剂的作用机理,将核苷酸分子嵌入到三聚氰胺甲醛树脂的结构中,形成具有阻燃功能的微球;由于核苷酸本身的活性基团被屏蔽,耐热性得到改善,在膨胀阻燃聚丙烯(PP)中获得了良好的阻燃效果,仅添加质量分数 1% 的微球就可以使阻燃剂的用量减少 30% 以上。但是由于磷酸直接连着五碳糖,造成加工过程中极易催化炭化致使样品变色,因此又通过将核苷酸成盐,进一步调控了

其热分解行为,使其在加工过程中稳定,而在高温下发挥阻燃作用。这一工作有助于推动生物基元阻燃剂的制备和应用技术的发展。相关研究成果发表在国外“分析与应用热解杂志”和“ACS 可持续化学工程”上;申请专利 3 件(CN 2015109808051, CN201611014774.5, CN201611262420.2)。

(工程塑料网)

阿乐斯 Armacell 将在加拿大生产 PET 泡沫芯

阿乐斯国际有限公司将在加拿大生产聚对苯二甲酸乙二酯(PET)泡沫芯。新厂位于安大略省布兰普顿。此前,阿乐斯也公布了其在中国第一条生产线开设计划,将在 2018 年年底正式投入运行。

阿乐斯国际有限公司总裁兼首席执行官 Patrick Mathieu 表示,他们的 PET 泡沫芯制造足迹将扩展到加拿大,实现了他们整体业务的战略计划,以加强 Armacell 的国际业务,并更好地服务全球客户。通过开发和制造泡沫芯产品,他们专注于为社会和环境提出积极可持续影响的解决方案。

(工程塑料网)