

(298,4 МПа на рис. 4, б). Поэтому требуется высокая износостойкость направляющих внутри прессы.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОРАЗЛАГАЕМОЙ УПАКОВКИ

Жидко Т. В., Шумская Е. Е., Петкевич А. В., Добыш В. А.,

Коктыш Н. В., Тарасевич В. А.

ГНУ «Институт химии новых материалов, Минск, Беларусь»

tatianaichnm@mail.ru

Аннотация. Разработаны полимерные композиционные материалы (КМ) из полилактида (ПЛА) для производства биоразлагаемой упаковочной пленки и листового пластика. С целью удешевления КМ, регулирования их механических свойств и устойчивости к УФ излучению, в состав вводились различные наполнители: углеволокно, лигнин, крахмал. Представлены результаты физико-механических свойств полученных композитных материалов и их устойчивость к УФ излучению.

摘要. 用于生产可生物降解的包装薄膜和塑料片材，从聚乳酸开发聚合物复合材料。为了降低复合材料的成本，调节其机械性能和抗紫外线辐射，在组合物中引入了各种填料：碳纤维、木质素、淀粉。介绍了所获得的复合材料的物理和机械性能以及它们对紫外线辐射的抵抗力的结果。

Особый класс современных упаковочных материалов, способных в будущем конкурировать с картонной продукцией, составляют дешевые, экологичные пластики – биоразлагаемые полимеры. Регулировать физико-механические свойства, химическую стойкость и устойчивость к природным факторам, например, УФ излучению, изменению рН среды, можно добавлением органических или неорганических наполнителей. Создание биоразлагаемых композитов с требуемыми свойствами позволит в значительной мере решить проблему утилизации нарастающего потока бытовых отходов. Для снижения цены конечного материала, повышения конкурентоспособности продукции необходимо оптимизировать и (или) изменять существующие технологии.

Целью являлась разработка технологии композитов на основе биоразлагаемых полимеров с отечественными наполнителями с контролируемым периодом разложения.

Основной задачей было изготовление пригодного для производства различных типов упаковки материала: пленки, а также исследование их физико-механических свойств и стойкости к действию УФ-излучения.

В качестве основы КМ был выбран коммерчески доступный полилактид марки *INGEO 4043D*, который применяется для выпуска широкого ассортимента изделий, способных к биоразложению. Для создания композитов использовались различные наполнители: углеволокно, лигнин, крахмал. Получение

пленки и листового пластика осуществляли методом плоскощелевой экструзии. В таблице 1 приведены составы КМ на основе ПЛА для изготовления образцов пленок. Результаты испытаний физико-механических свойств образцов приведены в таблице 2. Присутствие добавок уменьшает прочностные характеристики пленок на основе ПЛА. Все добавки в рассмотренных концентрациях незначительно влияют на плотность пленок из полилактида.

Таблица 1 – Составы КМ на основе ПЛА

Наименование	Характеристика наполнителя
ПЛА	–
ПЛА/ УВ 5	Углеволокно, 5,0 %
ПЛА/ УВ 10	Углеволокно, 10,0 %
ПЛА/ Л 5-0,06	Лигнин, частицы 0,06 мм, 5,0 %
ПЛА/ Л 10-0,06	Лигнин, частицы 0,06 мм, 10,0 %
ПЛА/ Л 5-0,16	Лигнин, частицы 0,16 мм, 5,0 %
ПЛА/ Л 10-0,16	Лигнин, частицы 0,16 мм, 10,0 %
ПЛА/ К 5	Крахмал кукурузный, 5 %
ПЛА/ К 10	Крахмал кукурузный, 10 %

Испытуемые образцы были подвергнуты воздействию УФ излучения, полное время облучения образцов составило 160 часов. В ходе испытаний наблюдались значительные прочностные изменения образцов пленок. Спустя 40 часов все образцы стали хрупкими, а пленки из чистого полилактида и ПЛА с углеволокном и крахмалом начали растрескиваться.

Таблица 2 – Физико-механические испытания пленок до (после) УФ облучения

Образец	Предел текучести (прочность) при разрыве (МПа)	Относительное удлинение при разрыве (%)	Плотность, г/см ³
ПЛА	40,84 (–)	2,0 (–)	1,2218 (1,1846)
ПЛА/ УВ 5	30,92 (–)	1,9 (–)	1,2119 (1,2017)
ПЛА/ УВ 10	29,7 (–)	1,4 (–)	1,2325 (1,2169)
ПЛА/ Л 5-0,06	26,67 (3,24)	4,7 (0,45)	1,2123 (1,2037)
ПЛА/ Л 10-0,06	29,62 (3,97)	6,1 (0,48)	1,2160 (1,2124)
ПЛА/ Л 5-0,16	25,17 (5,25)	2,7 (0,54)	1,2090 (1,1987)
ПЛА/ Л 10-0,16	31,52 (5,12)	3,8 (0,43)	1,2098 (1,1934)
ПЛА/ К 5	32,07 (–)	2,2 (–)	1,2119 (1,1406)
ПЛА/ К 10	17,09 (–)	1,9 (–)	1,2199 (1,1412)

Дальнейшее облучение привело к значительным разрушениям, в первую очередь, для образцов полилактида с крахмалом. Кроме того, конгломераты

крахмала под воздействием ультрафиолетового излучения стали менее различимы в объеме пленки. Образец помутнел, у него появился желтый оттенок. По истечении 160 часов воздействия на поверхности всех образцов образовался липкий слой, что может свидетельствовать о формировании на поверхности низкомолекулярных продуктов разложения, как полимера, так и добавок. Наиболее сильное растрескивание и увеличение хрупкости наблюдалось у пленок чистого ПЛА. Образцы, содержащие лигнин в своем составе, стали хрупкими, покрылись липким слоем, однако видимых трещин не наблюдалось, они сохранили свою целостность, что дало возможность провести физико-механические испытания.

В результате прочность пленок на основе ПЛА с добавлением лигнина уменьшилась примерно в 10 раз, что свидетельствует о существенных изменениях в структуре исходной пленки, ее деградации. Плотность уменьшается примерно на 5 % по каждому образцу, для образца пленки с крахмалом – на 7 %, что свидетельствует о том, что основной вклад в изменение плотности вносит разложение полилактида, а для образцов с добавлением крахмала уменьшение плотности связано также с разложением крахмала.

Заключение

Были изучены КМ на основе полилактида с добавлением углеволокна, лигнина и крахмала. Физико-механические характеристики пленок из композитов с добавками углеволокна и крахмала значительно ниже, чем у чистого полилактида, что свидетельствует о формировании более дефектной структуры пленки при предложенной технологии. Вместе с тем, устойчивость к воздействию УФ излучения композитов с лигнином увеличилась. Пленки из полилактида с добавлением крахмала имели более высокую скорость разложения. При этом наблюдалась интенсивная деградация под действием УФ-излучения как полилактида, так и крахмала в композиционной пленке. Введение углеволокна оказало незначительное влияние на процесс деградации полилактида. Лигнин же в составе композитов проявил себя как достаточно эффективный светостабилизатор.

Результаты исследования позволяют рассматривать полилактидные материалы с различными добавками, ускоряющими или замедляющими процесс деградации, а также изменяющие физико-механические свойства, в качестве перспективной альтернативы существующим упаковочным материалам.