

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ПЛЕНОК

М.И. Ананьев, Е.А. Новиковский

В статье рассмотрен способ модификации полиэтилена углеродными наночастицами. Разработана композиция, обладающая повышенными прочностными свойствами для производства многослойных полимерных пленок. Произведен сравнительный анализ предела прочности и деформации на растяжение, сопротивления на раздир.

Ключевые слова: модификация, прочность на раздир, прочность на растяжение.

ВВЕДЕНИЕ

Преимуществом многослойных пленок является разнообразие физико-механических характеристик, которые можно придать им в процессе изготовления. В структуре пленок можно комбинировать разные по свойствам и толщине слои полимеров, менять их порядок и расположение, модифицировать отдельные слои специальными добавками, варьировать общую толщину. Таким образом, можно получать пленки с заранее требуемым уровнем свойств [1–3].

Для изготовления многослойных полимерных пленок используют, в основном, полиэтилен высокой плотности (HDPE, ПЭНД – низкого давления). Это обусловлено тем, что пленки на его основе обладают низкой влагопроницаемостью, хемостойкостью, высокой прочностью при растяжении (по сравнению с ПЭВД, LDPE), что обуславливает эффективность их применения в качестве укрывного материала агропромышленного назначения. Однако, при получении пленки, линейные макромолекулы ПЭНД стремятся ориентироваться в направлении течения, что приводит к снижению сопротивления на раздир в продольном направлении.

Для получения полимерных материалов с улучшенными свойствами широко используют модификацию промышленных полимеров. На практике значительное распространение получило введение малых количеств полимерных и/или дисперсных добавок (тальк, каолин, аэросил и др.). При этом, наблюдается комплексное воздействие добавок на структуру и свойства полимеров.

Проведенные исследования [4–6] показывают, что при введении малых количеств наномодификаторов в полимеры повышаются физико-механические свойства материала,

увеличивается долговечность, за счет повышения вязкости разрушения материала.

С целью повышения прочности трехслойных пленок на раздир в продольном направлении, на растяжение в продольном и поперечном направлениях, исследована возможность модификации среднего слоя трехслойных промышленных пленок толщиной 0,16 мм на основе полиэтилена марки 21008-075 (ГОСТ 16338-85) углеродными наночастицами (УДА).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве модификатора среднего слоя пленки использовали порошок ультрадисперсного алмаза (УДА), который смешивали предварительно в сухом виде с гранулами полиэтилена в количестве 0,1 массовых % от массы полиэтилена. Подготовленную массу загружали в бункер-питатель экструдера. Трехслойная пленка производилась методом соэкструзии. Полученные образцы модифицированной пленки были подвержены испытаниям на растяжение и раздир на универсальной испытательной установке Instron 3368.

Испытания на растяжение проводились в продольном и поперечном направлениях в соответствии с ГОСТ 14236-86 [7] на образцах в форме прямоугольника шириной 10 мм, длиной 150 мм.

Испытания по определению сопротивления раздиру пленок проводились в соответствии с ГОСТ 26128-84 (метод А). Метод заключается в растяжении испытуемого образца (см. рисунок 1) с концентратором напряжения с постоянной скоростью (200 ± 20 мм/мин) деформирования и определения сопротивления раздиру как отношение нагрузки к первоначальной толщине образца (Н/мм) [8].

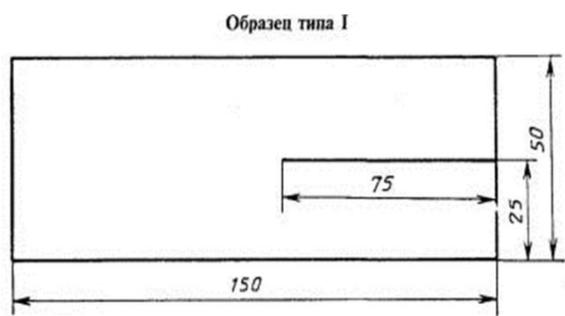
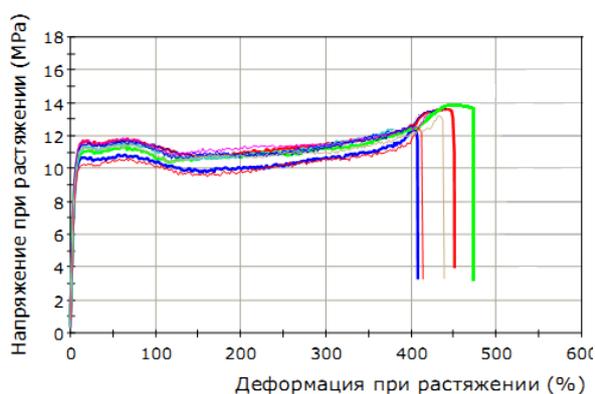
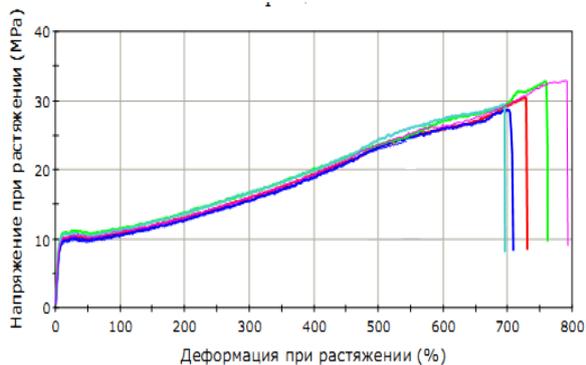


Рисунок 1 – Образец для испытания пленок на раздир

В ходе испытаний были получены следующие диаграммы растяжения, представленные на рисунках 2–4.



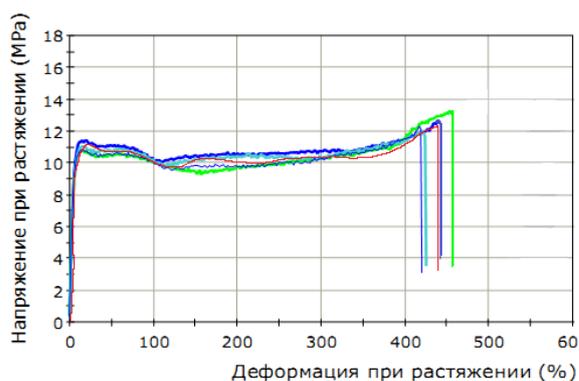
а



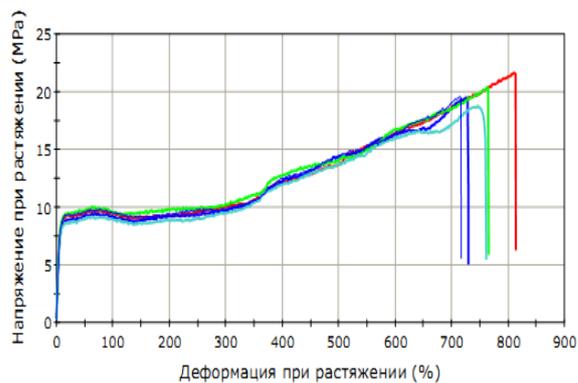
б

Рисунок 2 – Диаграмма растяжения вдоль трехслойной пленки: а – без модификатора, б – с модификатором

Анализ полученных результатов показывает, что введение наномодификатора в средний слой трехслойной пленки на основе полиэтилена приводит к увеличению в два раза прочности на растяжение, как в продольном, так и поперечном направлении, сопротивление раздиру пленки [9].

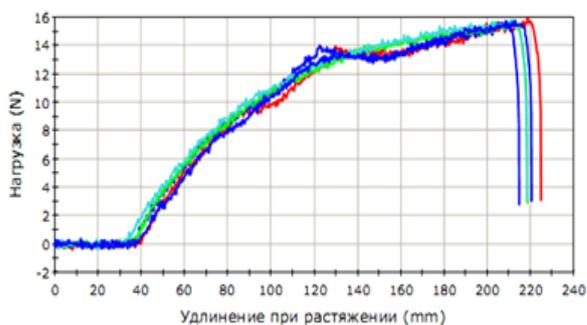


а

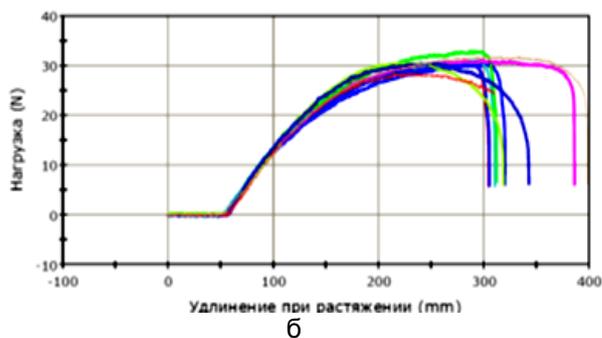


б

Рисунок 3 – Диаграмма растяжения поперек трехслойной пленки: а – без модификатора, б – с модификатором



а



б

Рисунок 4 – Диаграмма растяжения на раздир трехслойной пленки: а – без модификатора, б – с модификатором

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ПЛЕНОК

Изменение свойств полимера можно однозначно связать с изменением его структурной организации на надмолекулярном уровне. Это обусловлено тем, что введение УДА, который характеризуется высокоразвитой удельной поверхностью [10], $S_{уд} = 270...330 \text{ м}^2/\text{г}$ и размером агрегатов частиц порошка от 40 до 100 нм, приводит к физической (структурной модификации) за счет формирования дополнительных центров кристаллизации полимера.

Исследование микроструктуры полимерной пленки позволило выявить увеличение доли упорядоченных областей и формирование протяженных структурных кластеров из сферолитов (рисунок 5).

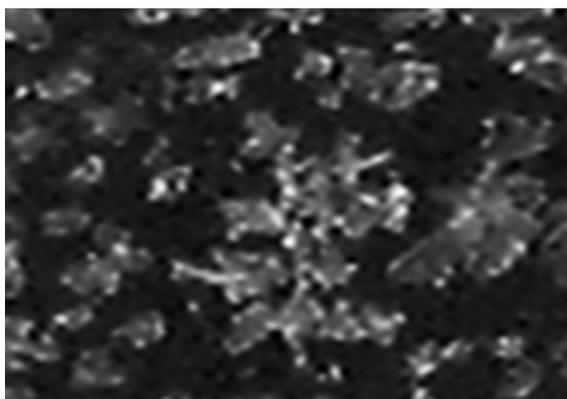


Рисунок 5 – Микроструктура модифицированной пленки ($\times 400$)

Эти структурные образования состоят из кристаллических и аморфных участков, которые связаны между собой «проходными цепями». Чем больше доли проходных цепей, тем выше прочность полимера. Так как, именно прочность «проходных цепей», обуславливает прочность полимера на растяжение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что введение малого количества (0,1 массовых %) углеродных наночастиц с высокоразвитой удельной поверхностью, можно рассматривать как эффективный способ структурной модификации полиэтилена при вытяжке в процессе экструзии и последующем раздуве при получении многослойных пленок.

Механизм упрочнения полиэтиленовой пленки обусловлен увеличением степени кристалличности полимера и числа проходных цепей в переходных областях микроструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сокирянский, Ф. Л. Многослойные пленки. Классификация и способы применения [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.himhelp.ru/section30/polymer_market/section164/596.html.
2. Многослойные пленки: классификация и применение [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.newchemistry.ru
3. Калинин, Э. Л. Эффективный подход к созданию современных композиционных материалов / Э. Л. Калинин [и др.] // Полимерные материалы. – 2008. – № 3. – С. 4–14.
4. Teraoka, I. Polymer solutions: An introduction to Physical Properties / I. Teraoka. – Brooclyn, N.Y. : Jon Wiley&Sons, Inc. 2002. – 349 p.
5. Ларионов, С. А. Влияние углеродных наполнителей на электрофизические, механические и реологические свойства полиэтилена [Электронный ресурс] / С. А. Ларионов, И. С. Деев, Г. Н. Петрова, Э. Я. Бейдер // Электронный научный журнал «Труды ВИАМ». – 2013. – № 9. – 14 с. Режим доступа: viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/247.pdf.
6. Елецкий, А. В. Упрочнение полимеров однослойными углеродными нанотрубками [Электронный ресурс] / www.nanometr.ru. – 2007, № 9.
7. ГОСТ 14236-86. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение. Введ. 01.07.81. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.
8. ГОСТ 26128-84. Пленки полимерные. Методы определения сопротивления раздиру. Введ. 01.01.85. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003 – 21 с.
9. Чигвинцев, В. М. Моделирование сфералитной структуры в полиэтилене при ее деформировании при нагрузке / В. М. Чигвинцев // Математическое моделирование систем и процессов. – 2007. – № 15. – С.170–178.
10. Жарков, А. С. Синтез, свойства и перспективы применения детонационных алмазов / А. С. Жарков, Е. А. Петров, Е. С. Ананьева // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2013. – Т. 10, № 3. – С. 430–436.

Новиковский Егор Алексеевич – ассистент кафедры современных специальных материалов, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 8(3852) 290-956.

Ананьев Максим Игоревич – выпускник кафедры современных специальных материалов, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 8(3852) 290-956.