

## 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 (талек, 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 ( $200 \pm 20$  мм/мин) деформирования и определения сопротивления раздиру как отношение нагрузки к первоначальной толщине образца (Н/мм) [8].

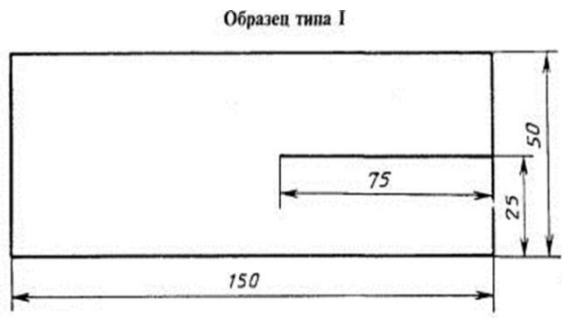


Рисунок 1 – Образец для испытания пленок на раздир

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

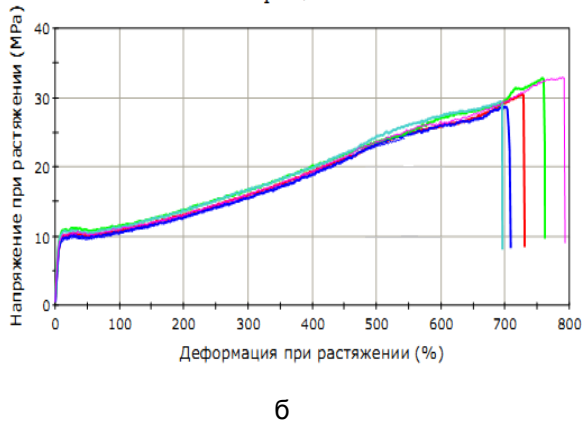
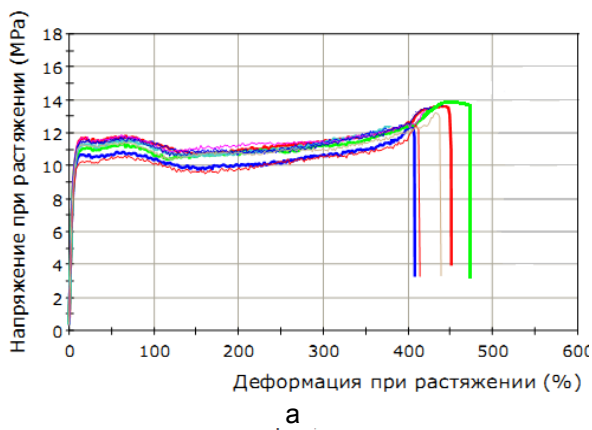


Рисунок 2 – Диаграмма растяжения вдоль трехслойной пленки: а – без модификатора, б – с модификатором

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].

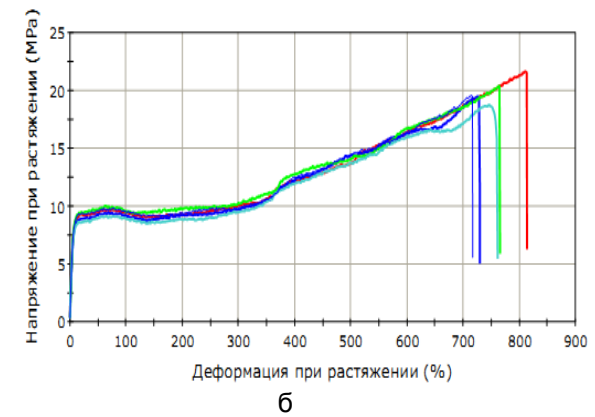
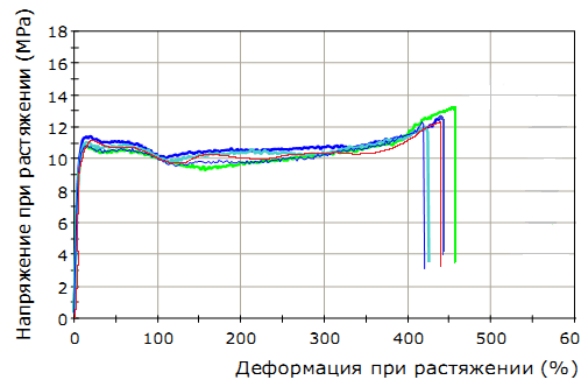


Рисунок 3 – Диаграмма растяжения поперек трехслойной пленки: а – без модификатора, б – с модификатором

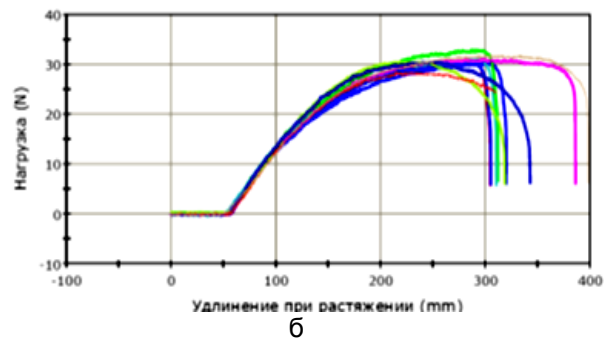
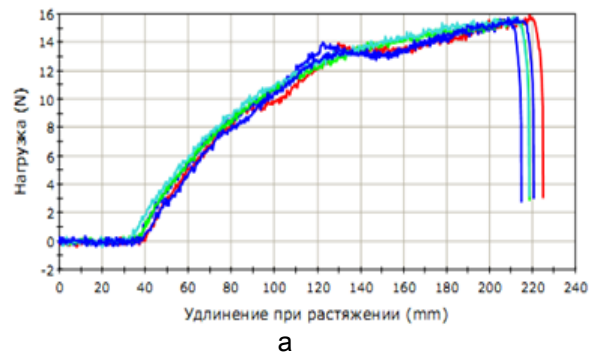


Рисунок 4 – Диаграмма растяжения на раздир трехслойной пленки: а – без модификатора, б – с модификатором

## 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).

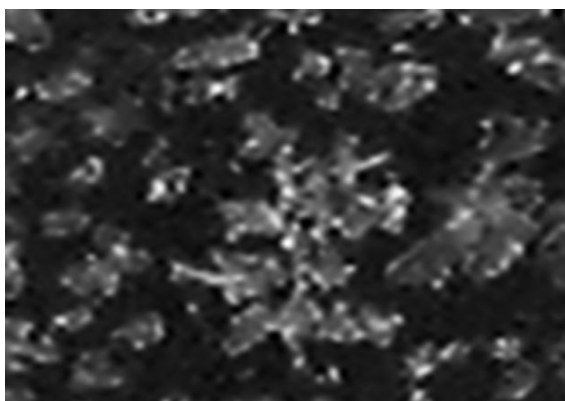


Рисунок 5 – Микроструктура модифицированной пленки ( $\times 400$ )

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](http://www.himhelp.ru/section30/polymer_market/section164/596.html).
2. Многослойные пленки: классификация и применение [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.newchemistry.ru](http://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](http://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](http://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.*