

УДК 678.06: 678 - 419

С. И. Вольфсон, Р. М. Гарипов, Н. А. Охотина,  
Л. Ю. Закирова, А. А. Ефремова

## ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ПОЛИОЛЕФИНОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Ключевые слова:* многослойные пленки, сополимер полипропилена и этилена, сополимер этилена и октена, линейный низкомолекулярный полиэтилен, упруго-механические свойства пленок.

*Даны характеристики полиолефинов, используемых для получения пленок. Представлены результаты упруго-механических свойств пленок на основе смеси полиолефинов. Анализируются результаты испытаний по определению упруго-механических характеристик полученных композиций.*

*Keywords:* Multilayer film of polypropylene and ethylene copolymer, ethylene-octene copolymer, linear low molecular weight polyethylene, mechanical properties of films.

*The characteristics of the polyolefins used to produce the films. The results of the elastic-mechanical properties of films based on a mixture of polyolefins. The results of tests to determine the elastic and mechanical properties of the resulting formulations.*

### Введение

Не смотря на широкое употребление других видов упаковочных материалов, рынок многослойных пленок и комбинированных материалов на основе полимерных пленок растет стремительными темпами в России и за рубежом [1]. Спрос на данный вид изделий определяется их высокими потребительскими качествами - привлекательным внешним видом, относительно дешевой, отличными физико-механическими показателями, широким диапазоном выбора компонентов и добавок, придающим материалу практически любые необходимые свойства.

Пленка для упаковки сухих продуктов, используемая для упаковки таких продуктов как крекеры, чипсы, печенья предъявляет повышенные требования к водо и влагонепроницаемости, для сохранения качеств рассыпчатости. Такая пленка относится к типу фасовочной и требует хорошего уплотнения и легкого вскрытия.

Специальный полимер ПЭВД FL 5580 был разработан для достижения низкого уровня проникновения влаги. Небольшая толщина пленок достигается за счет пониженного молекулярного веса ПЭВД. FL 5580 с плотностью 958 кг/м<sup>3</sup> идеально подходит для получения таких пленок. Технологически такие пленки вырабатываются на экструдерах с различной шириной головки.

Ряд российских компаний-производителей многослойных пленок, благодаря заимствованию разработок всемирно известных Du Pont, Borealis и Exxon Mobil и собственным экспериментальным разработкам пришли к уникальным композициям состава слоев, позволяющих достичь основных характеристик барьерных слоев на трехслойных машинах. В КНИТУ рассматривалась возможность получения многослойных пленок из полибутена-1, отдельно и с нанонаполнителем [2].

В настоящее время для изготовления пленок широкое применение нашли полиолефины, такие как

Vistomax, Affinity, линейный низкомолекулярный полиэтилен LLDPE, придающие пленкам определенные эксплуатационные свойства: вязкостные, прочностные, тепловые. В этой связи представляет практический интерес изучение механических свойств смеси данных полиолефинов с целью использования их в качестве пленок для повышения механических свойств.

### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были взяты полиолефины Vistomax 6102 FL фирмы Exxon Mobil Chemical, Affinity EG 8100G фирмы Dow, LLDPE 6118NE (LLDC6) фирмы Sabic, LLDPE 726N (LLDC4) фирмы Sabic, LDPE (LD150) фирмы Exxon Mobil Chemical.

Vistomax представляет собой олефиновый эластомер, состоящий из звеньев изотактического полипропилена со статическим распределением звеньев этилена, его характеристики представлены в табл.1. "FL" в названии продукта означает, что полимер прошел тест Exxon Mobil Chemical для пленок, что требуется для соответствующих сфер использования пленок. Affinity – сополимер этилена и октена, может быть использован в однослойных и совместно экструдированных пленках в смеси с другими полиолефинами характеристика которого представлена в табл.1.

Характеристики низкомолекулярных линейных полиэтиленов использованных нами в качестве добавок полиолефинов представлены в таблице 2.

Бинарные смеси готовили в смесителе Брабендер при температуре 200°C в течение 3 минут. Полученные композиции затем экструдировали через щелевую головку, при следующих параметрах: температура по зонам – 180, 190, 210, 230°C; скорость вращения шнека 60 об/мин.

Упруго-прочностные характеристики определяли согласно ГОСТ 270-75.

**Таблица 1 – Характеристики полиолефинов**

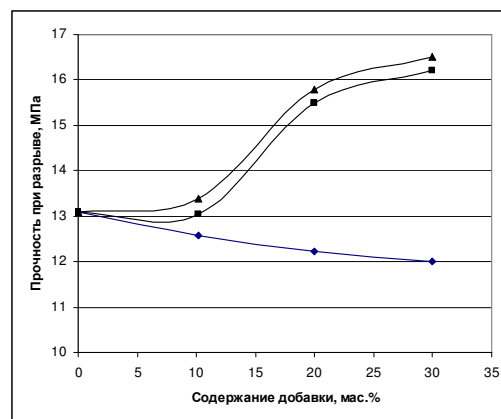
| Показатель                          | Единицы измерения | Значение | Метод определения |
|-------------------------------------|-------------------|----------|-------------------|
| Vistomax 6102 FL                    |                   |          |                   |
| Плотность                           | г/см <sup>3</sup> | 0,862    | ASTM D1505        |
| Индекс текучести (190°C/2,16 кг)    | г/10 мин          | 1,4      | ASTM D 1238       |
| Содержание этиленовых звеньев       | %                 | 16       | метод Exxon M     |
| Напряжение при 100% удлинении       | МПа               | 1,94     | ASTM D638         |
| Напряжение при 300% удлинении       | МПа               | 2,24     | ASTM D638         |
| Прочность при разрыве, не менее     | МПа               | 6,89     | ASTM D638         |
| Относительное удлинение при разрыве | %                 | 2000     | ASTM D638         |
| Прочность при разрыве               | кН/м              | 34,3     | ASTM D624         |
| Твердость (Шор А)                   | Усл. ед           | 66       | ASTM D2240        |
| Affinity EG 8100G                   |                   |          |                   |
| Плотность                           | г/см <sup>3</sup> | 0,870    | ASTM D792         |
| Индекс текучести (190°C/2,16 кг)    | г/10 мин          | 1,0      | ASTM D 1238       |
| Температура размягчения             | °C                | 46       | ASTM D 1525       |
| Температура плавления (DSC)         | °C                | 55       | метод Dow         |
| Твердость (Шор А)                   | Усл. ед           | 74       | ASTM D2240        |
| Прочность при разрыве               | МПа               | 1,71     | ASTM D638         |
| Относительное удлинение при разрыве | %                 | 1115     | ASTM D638         |

**Таблица 2 – Характеристики линейных низкомолекулярных полиэтиленов**

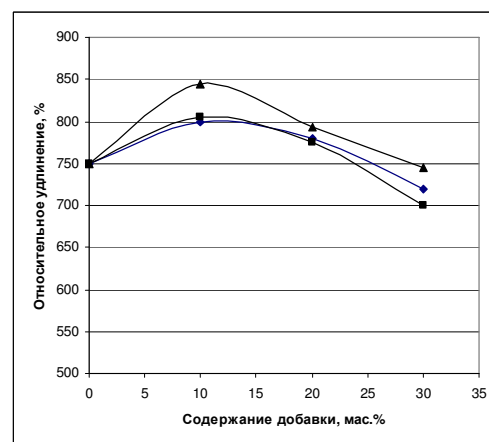
| Показатель                       | Единицы измерения | Марки полиэтиленов |       |       | Метод определения |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|-------|-------|-------------------|
|                                  |                   | LD 150             | LLDC6 | LLDC4 |                   |
| Плотность                        | г/см <sup>3</sup> | 0,923              | 0,918 | 0,925 | ASTM D2839        |
| Индекс текучести (190°C/2,16 кг) | г/10 мин          | 0,75               | 0,9   | 0,7   | ASTM D 1238       |
| Температура плавления (DSC)      | °C                | 109                | 124   | 124   |                   |

### Обсуждение результатов

Вышеперечисленные добавки вводили в количестве 10, 20, 30 мас.% в состав чистых сополимеров Vistomax и Affinity. Результаты испытаний композиций представлены на рис.1, 2.



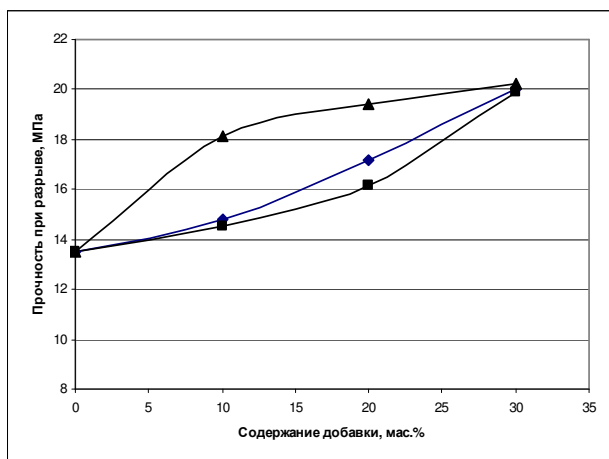
а



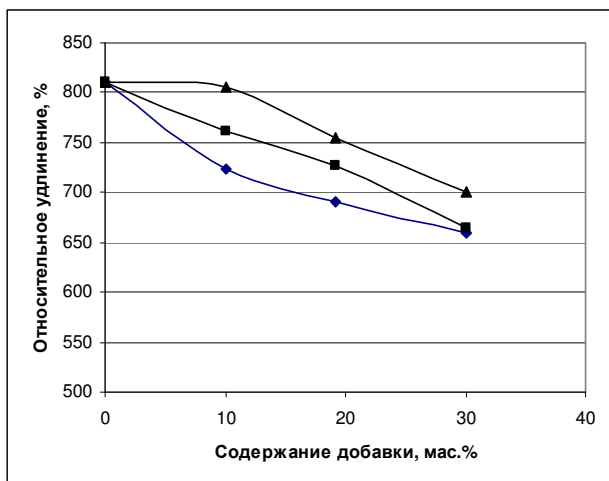
б

**Рис. 1 – Зависимость прочности (а) и относительного удлинения при разрыве (б) полиолефина Vistomax от содержания добавки: ♦ – LD 150, ■ – LLDC4, ▲ - LLDC6**

Анализ рис. 1,2 свидетельствует, что введение линейных полиэтиленов в Vistomax и Affinity по-разному влияет на их упруго-прочностные характеристики. Так при введении в Vistomax полиэтилена LD 150 наблюдается тенденция к некоторому снижению прочностных характеристик композиций, в то время как введение LLDC4 и LLD6 приводит к возрастанию прочности при разрыве. Причем композиции как с LLDC6 так и с LLDC4 имеют практически одинаковые значения.



а



б

**Рис. 2 – Зависимость прочности (а) и относительного удлинения при разрыве (б) полиолефина Affinity от содержания добавки: ♦ – LL150, ■ – LLDC4, ▲ - LLDC6**

В то же время введение всех типов линейных полиэтиленов в Affinity приводит к существенному повышению прочностных характеристик композиций. Последнее связано с хорошей совместимостью компонентов композиций, поскольку Affinity является сополимером этилена с октаном, а линейные полиэтилены LLDC4 и LLDC6 являются сополимерами этилена с бутеном и гексеном соответственно. Причем композиция с LLDC6 обладающая лучшей совместимостью вследствие близости сомономеров (гексена и октена) предсказуемо имеет более высокие значения прочности при разрыве.

Для всех изученных композиций с повышением прочности закономерно снижаются относительные удлинения при разрыве.

Таким образом, лучшими механическими свойствами обладает композиция Affinity с LLD6, которую можно рекомендовать для получения выдувных и экструзионных пленок.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) в рамках выполнения комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства по договору №02.G25.31.0037, согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г № 218.*

## Литература

- 1 С.И.Вольфсон, Р.М.Гарипов, Н.А.Охотина, Л.Ю. Закирова, А.А.Ефремова Вестник Казанского технолог. ун-та, **16**, 5. С.128-132 (2013).
- 2 С.И.Вольфсон, Р.М.Гарипов, Н.А.Охотина, Л.Ю. Закирова, А.А.Ефремова. Вестник Казанского технолог. ун-та, **16**, 20, С.79-82, (2013).

© С. И. Вольфсон – д-р техн. наук, проф., зав.каф. химии и технологии переработки эластомеров КНИТУ; Р. М. Гарипов – д-р хим. наук, проф., зав. каф. технологии полиграфических процессов и кинофотоматериалов КНИТУ; Н. А. Охотина – канд. техн. наук, проф. каф. химии и технологии переработки эластомеров КНИТУ; Л. Ю. Закирова – канд. техн. наук, доц. каф. химии и технологии переработки эластомеров КНИТУ, zakirova.knitu@mail.ru; А. А. Ефремова – канд. техн. наук, доц. каф. технологии полиграфических процессов и кинофотоматериалов КНИТУ.