

## Использование сополимера винилхлорида с винилацетатом в качестве совместителя поливинилхлорида с полиэтиленом низкой плотности

### Use of copolymer of vinyl chloride with vinyl acetate as a compatibilizer of polyvinyl chloride with low density polyethylene

*Н.А. ЛАВРОВ, Е.В. БЕЛУХИЧЕВ*

*N.A. LAVROV, E.V. BELUKHICHEV*

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)  
St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)

lna@lti-gti.ru

Рассмотрено влияние сополимера винилхлорида с винилацетатом на совместимость поливинилхлорида и полиэтилена низкой плотности при получении жестких ПВХ-пленок каландровым методом. Проанализировано изменение физико-механических свойств пленок при различном содержании полимера-совместителя.

**Ключевые слова:** поливинилхлорид, сополимер винилхлорида с винилацетатом, полиэтилен низкой плотности, вторичные отходы, рециклинг, совмещение, каландрование, полимерные пленки

The influence of a vinyl chloride – vinyl acetate copolymer on the compatibility of polyvinyl chloride and low density polyethylene in the production of rigid PVC films by the calender method is considered.

**Keywords:** polyvinyl chloride, vinyl chloride-vinyl acetate copolymer, low density polyethylene, secondary waste, a recycling, compatibilization, calendaring, polymeric films

DOI: 10.35164/0554-2901-2019-9-10-11-13

Среди исследований прикладного характера, выполняемых на кафедре химической технологии пластмасс СПбГТИ(ТУ) в последние годы, можно выделить работы по совершенствованию технологий ротационного формования термопластов [1–6] и получения жестких пленок на основе поливинилхлорида [7–10], созданию сосудов высокого давления из полимерных композитных материалов [11–14], разработке композиционных материалов триботехнического назначения на основе наполненных эпоксидных полимеров [15–17], модификации пеноматериалов конструкционного назначения [18–20], получению изделий из полимерных материалов методом 3D-печати [21–23], использованию вторичных отходов при переработке термопластов [24].

Одним из самых сложных вопросов вторичной переработки полимерных материалов является переработка многослойных изделий бытового назначения. Современные полимерные изделия, используемые для упаковки пищевых продуктов и лекарственных препаратов, состоят из двух или более слоев, в некоторых случаях – из пяти различных полимеров. Одной из самых распространенных является многослойная пленка на основе поливинилхлорида (ПВХ) и полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), получаемая путем горячей ламинации. Данный продукт используется в производстве упаковки, имеющей непосредственный контакт с пищей, она предпочтительна тем, что имеет достаточно высокие барьерные свойства при низкой себестоимости [7].

В настоящее время активно развивается рециклинг вторичного сырья, полученного при переработке полимерных пленок, с целью

возврата материала в производственный цикл. Рециклинг дублированных материалов может приводить к появлению в изготовленных изделиях различных дефектов, снижению их физико-механических свойств. Для решения данного вопроса в рецептуру надо вводить добавки, увеличивающие совместимость двух полимеров, находящихся в смеси – компатибилизаторы.

Совместимость полимеров (compatibility, verträglichkeit) – сложившийся в технологической практике термин, характеризующий способность различных полимеров образовывать друг с другом смеси с удовлетворительными механическими свойствами. Неограниченная взаимная совместимость обуславливает однофазность смеси при любом соотношении полимерных компонентов [25].

В качестве компатибилизатора для смеси ПВХ с ПЭНП был выбран сополимер винилхлорида с винилацетатом (ВХ-ВАц), совместимый как с поливинилхлоридом, так и с полиэтиленом низкой плотности. Рассматриваемый сополимер ВХ-ВАц имеют высокую степень совместимости с ПВХ за счет того, что оба составные звена данного сополимера (винилхлорид и винилацетат) хорошо совмещаются с макромолекулой поливинилхлорида [26].

В данной работе представлены результаты изучения эффективности использования ВХ-ВАц в качестве компатибилизатора ПВХ с ПЭНП. Степень совмещения полимеров оценивалась по физико-механическим параметрам: ударная прочность (кДж/м<sup>2</sup>), прочность при растяжении (МПа) и относительное удлинение при разрыве (%). Для эксперимента были выбран ВХ-ВАц марки Vinnolit S 3157/11.

**Таблица 1. Рецептурный состав тестируемых пленок с введением совместителя Vinnolit S 3157/11.**

Тип сырья	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Образец 6
ПВХ	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5
Стабилизатор	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Смазки	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
Модификаторы	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Наполнитель (мел)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
ПЭНП (пленка FEST)	0,0	0,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Vinnolit S 3157/11	0,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

При получении тестовых образцов была использована стандартная рецептура для производства жесткой ПВХ-пленки. Рецептурный состав полученных пленок приведен в таблице 1.

Тестируемые пленки получены на лабораторной каландровой линии, включавшей в себя: лабораторный экструдер смеситель BUSS, четырехвалковый L-образный каландр, блок съемных валов, охлаждающие валы и узел намотки. Толщина полученных образцов пленок равна  $350 \text{ мкм} \pm 10 \text{ мкм}$ .

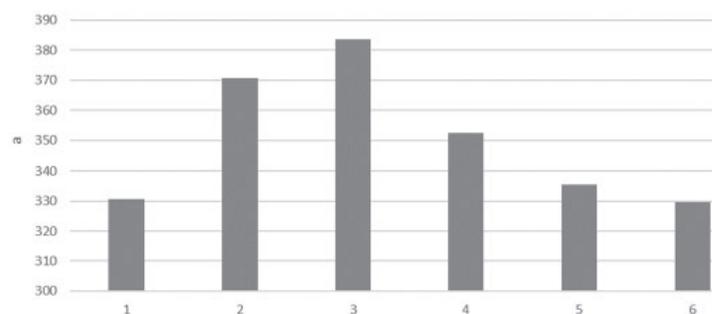
Для определения степени совместимости ПВХ с ПЭНП проведен анализ физико-механических параметров полученных пленок. В работах [27, 28] отмечено, что снижение механических свойств свидетельствует о плохой совместимости компонентов, так как плохо совмещенные полимерные смеси имеют множество внутренних дефектов [9].

Показатели ударной вязкости определяли на маятниковом копре. Прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве определяли при помощи разрывной машины РМ-4. Результаты приведены в табл. 2 и на рис. 1–2 (на оси абсцисс указаны порядковые номера, соответствующие нумерации образцов из таблицы 2).

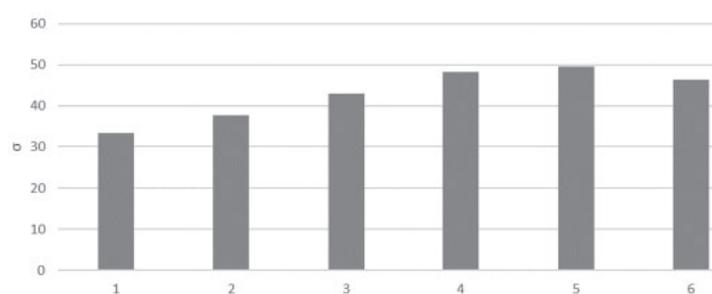
Из данных по ударной вязкости можно судить об увеличении совместимости смеси ПВХ и ПЭНП при содержании ПЭНП в рецептуре от 2 до 4%. Также в данном диапазоне наблюдается возрастание прочности при растяжении, что позволяет сделать вывод о том, что введение ВХ-ВАц приводит к увеличению когезионных сил на границе разделения фаз ПВХ/ПЭНП. Однако при содержании ПЭНП 5,0% прочность пленок снижается из-за недостаточного для компатибилизации содержания винилацетатных звеньев в системе.

**Таблица 2. Физико-механические параметры полученных образцов пленок.**

Образец	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
Образец 1	330,6	33,3	109,3
Образец 2	370,7	37,6	113,4
Образец 3	383,6	42,9	>190
Образец 4	352,4	48,2	>190
Образец 5	335,5	49,6	>190
Образец 6	329,6	46,4	>190



**Рис. 1. Показатели ударной вязкости (а, кДж/м<sup>2</sup>) пленок, полученных с использованием ВХ-ВАц.**



**Рис. 2. Показатели прочности при растяжении (σ, МПа) пленок, полученных с использованием ВХ-ВАц.**

Таким образом, результаты эксперимента показывают, что сополимер винилхлорида с винилацетатом можно использовать в качестве компатибилизатора при совместной переработке поливинилхлорида с полиэтиленом.

## Литература

- Лавров Н.А., Беседина К.С., Игуменов М.С. Комплексы ротационного формования // Пласт. массы. – 2011. – № 9. – С. 36–41.
- Лавров Н.А., Игуменов М.С., Беседина К.С. Полимерные материалы, перерабатываемые методом ротационного формования // Энциклопедия инженера-химика. – 2011. – № 9. – С. 9–12.
- Лавров Н.А., Игуменов М.С., Беседина К.С. О разнотолщинности изделий из полиэтилена, получаемых методом ротационного формования // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2010. – № 7 (33). – С. 37–38.
- Игуменов М.С., Лавров Н.А. Особенности ротационного формования термопластов // Пласт. массы. – 2016. – № 9–10. – С. 47–51.
- Лавров Н.А., Игуменов М.С., Никитина И.В., Беседина К.С. О режимах ротационного формования термопластов // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2013. – № 18 (44). – С. 27–29.
- Лавров Н.А., Игуменов М.С., Беседина К.С., Кузьмин В.В. Свойства изделий из линейного полиэтилена низкой плотности, получаемых методом ротационного формования // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2013. – № 20 (46). – С. 48–50.
- Лавров Н.А., Ксенофонтов В.Г., Белухичев Е.В. Теоретические основы и практическая реализация исследований по стабилизации поливинилхлорида и его переработке методом каландрования // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2015. – № 29 (55). – С. 41–48.
- Лавров Н.А., Ксенофонтов В.Г., Белухичев Е.В. О механизме стабилизации поливинилхлорида // Пласт. массы. – 2016. – № 11–12. – С. 16–20.
- Лавров Н.А., Колерт К., Белухичев Е.В., Лебединская Т.А. Влияние модификаторов ударопрочности на свойства жестких пленок из поливинилхлорида // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2017. – № 3. – С. 40–42.
- Лавров Н.А., Белухичев Е.В., Ксенофонтов В.Г., Колерт К. Проявление синергетического эффекта при использовании пентаэритрита в процессе стабилизации поливинилхлорида различными классами стабилизаторов // Пласт. массы. – 2014. – № 1–2. – С. 45–47.
- Лавров Н.А., Игуменов М.С. Сосуд высокого давления из полимерных композиционных материалов // Пласт. массы. – 2018. – № 5–6. – С. 45–47.
- Lavrov N.A., Igumenov M.S. A Technique for Production of High-Pressure Vessels from Polymer-Composite Materials // Polymer Science. Ser. D. – 2018. – Vol. 11, № 1. – P. 113–116.
- Igumenov M.S.; Lavrov N.A. Features of the rotational moulding of thermoplastics // Journal: International Polymer Science and Technology. – 2017. – Vol. 44, № 10. – P. 39–45.
- Igumenov M.S., Lavrov N.A. Adhesion of Linear Low-Density Polyethylene and Oligomers // Polymer Science. Ser. D. – 2017. – Vol. 10, № 1. – P. 55–58.
- Kryzhanovskii V.K., Lavrov N.A., Kiemov Sh.N. The Effect of Disperse Fillers on the Thermomechanical Characteristics of Epoxy Polymers // Polymer Science. Ser. D. – 2018. – Vol. 11, № 2. – P. 230–232.
- Лавров Н.А., Киёмов Ш.Н., Крыжановский В.К. Триботехнические свойства композиционных материалов на основе эпоксидных полимеров // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2018. – № 10. – С. 14–18.
- Киёмов Ш.Н., Крыжановский В.К., Лавров Н.А. Деформация дисперсно-наполненных эпоксидных полимеров // Композиционные материалы. Узбекский научно-технический и производственный журнал. – 2017. – № 4. – С. 13–14.
- Дворко И.М., Аликин М.Б., Литосов Г.Э. Исследование модифицированных эпоксидно-новолачных порошковых вспенивающихся композиций // Огнеупоры и техническая керамика. – 2018. – № 3. – С. 23–25.
- Панфилов Д.А., Дворко И.М. Пенomатериалы конструкционного назначения на основе новолачных композиций, модифицированных олигоэфирами // Пласт. массы. – 2014. – № 1–2. – С. 51–53.

20. Дворко И.М., Мохов М.В. Пенопласты на основе новолачных фенолформальдегидных композиций, модифицированных простыми олигоэфирами // Пласт. массы. – 2011. – № 9. – С. 33–35.
21. Barskov V.V., Besedin S.N., Besedina K.S., Zabelin N.A., Matveev Yu.V., Rassokhin V.A., Lavrov N.A., Fokin G.A.. Regarding the Issue of Application of Advanced Polymeric Materials while Designing Low-Powered Turbo-Machines // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). – 2017. – Vol. 8. Issue 4. – P. 1708–1715.
22. Беседина К.С., Лавров Н.А., Барсков В.В. Применение аддитивных технологий при получении изделий из полимерных материалов // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2018. – № 44 (70). – С. 56–63.
23. Беседина К.С., Лавров Н.А., Панфилов Д.А., Барсков В.В. Свойства изделий из АБС-пластиков и полиамида, получаемых методом 3D-печати // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2018. – № 45 (71). – С. 60–63.
24. Лавров Н.А., Игуменов М.С., Беседина К.С. Использование технологических отходов в производстве изделий из линейного полиэтилена низкой плотности методом ротационного формования // Пласт. массы. – 2014. – № 1–2. – С. 56–59.
25. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниелс Ч. Поливинилхлорид / Перевод с англ. под ред. Г. Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2007. – 728 с.
26. Уайт, Дж.Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины / Перевод с англ. под ред. Е.С. Цобкалло. – СПб.: Профессия, 2007. – 250 с.
27. Walsh D.J. Hoggins J.S. Macconnachie A. Polymer Blends and Mixtures / – Dordrecht / Boston / Lancaster.: Martinus Nijhoff Publishers, 1985. – 469 p.
28. Gompper G. Schick M. Soft Matter. Volume 1. Polymer Melts and Mixtures / – Darmstadt.: WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, 2006. – 285 p.