

УДК 677.1:678.8

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ
НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТАРИЗОВАННОГО ЛЬНОВОЛОКНА***

**PROGNOSTICATION POSSIBILITIES RECEIPT REINFORCED COMPOSITES
ON BASIS OF ELEMENTED FLAX FIBER**

*А.В. БАРАНОВ, И.Ю. ЛАРИН, А.П. МОРЫГАНОВ
A.V. BARANOV, I.YU. LARIN, A.P. MORYGANOV*

**(Ивановский государственный политехнический университет,
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново)
(Ivanovo State Polytechnical University,
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS, Ivanovo)
E-mail: abaranov_52@mail.ru**

Проведен количественный анализ влияния химической природы широкого круга термопластичных полимеров на их способность выступать в качестве связующего для элементаризованного льноволокна при получении композиционного материала. Выявлен армирующий эффект при наполнении пластифицированного поливинилхлорида элементаризованным льноволокном.

Held quantitative analysis influence of chemical nature wide circle thermoplastic polymers on their ability speak in quality binder for elemented flax fiber at getting composite material. Identified reinforced effect at filling plasticized polyvinylchloride elemented flax fiber.

Ключевые слова: композит, связующее, адгезия, свободная поверхностная энергия, армирующий эффект.

Keywords: composit, binder, adhesion, free surface energy, reinforced effect.

В настоящее время за рубежом большое внимание уделяется разработке полимерных композиционных материалов (ПКМ), содержащих в качестве армирующего наполнителя натуральные волокна (лен, ко-

нопля и др.), а в качестве связующего – термопластичные полимеры. Волокна натурального происхождения используются как добавка к синтетическим, термопластичным полимерам, особенно к полиолефинам,

* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 15-48-03021 и 15-29-01068 офи_м.

чтобы получить биоразлагаемые материалы, которые можно переработать при помощи технологий плавления. Сейчас ведутся работы по поиску материалов, подверженных вторичной переработке. Применение волокон природного происхождения позволяет решить такие задачи, как использование возобновляемого ресурса, возможность более полной утилизации материала и, кроме того, снижение стоимости изделий. Замена традиционных ПКМ на биокомпозитные позволяет не только снизить массу изделий, но также уменьшить и себестоимость продукции благодаря более низкой стоимости натуральных наполнителей по сравнению, в частности, со стекловолокном. Обивка салона автомобиля из материалов, содержащих льноволокно, позволяет получить микроклимат с соответствующей влажностью, существенно уменьшает уровень шума, поглощает вибрацию, а также служит в качестве теплоизоляции. Низкая масса композитов на основе натуральных волокон вызывает уменьшение веса частей и массы всей автомашины, что влияет на уменьшение расхода топлива и ограничение эмиссии выхлопных газов в окружающую среду [1], [2].

Выбор полимерного связующего, позволяющего обеспечить необходимый уровень физико-механических свойств композиционного материала, представляет собой важную задачу, в том числе для изготовления инновационных изделий медицинского и технического назначения [3].

В данной статье на основе полученных ранее [4] значений работы адгезии термопластов W_a к элементаризованному льну предпринята попытка выявить полимеры, применение которых в качестве связующего в композитах позволит реализовать эффект армирования при использовании в качестве наполнителя волокон льна. Технология получения и свойства элементаризованного льноволокна описаны в работе [5].

Для расчета W_a использовали следующее выражение [6]:

$$W_a = 2[(\gamma_s^d \gamma_a^d)^{1/2} + (\gamma_s^p \gamma_a^p)^{1/2}],$$

где γ_s^d и γ_a^d – дисперсионные составляющие свободных поверхностных энергий льноволокна и термопласта соответственно, мДж/м²; γ_s^p и γ_a^p – полярные составляющие свободных поверхностных энергий, мДж/м².

При расчете W_a были использованы данные работ [7], [8] по краевым углам смачивания тестовыми жидкостями полиэтилена (ПЭ) и полиамидов, а также поверхностной энергии термопластичных полимеров: полиэтилена высокого давления (ПЭВД), политетрафторэтилена (ПТФЭ), поливинилхлорида (ПВХ), сополимера этилена и винилацетата (СЭВА – 22), полиэтилентерефталата (ПЭТФ), полиметилметакрилата (ПММА), поликарбоната (ПК), полипропилена (ПП), полистирола (ПС).

Таблица 1

Полимерный материал	γ^d , мДж/м ²	γ^p , мДж/м ²	W_a , мДж/м ²
Элементаризованный лен	33,5	1,7	-
ПЭ*	30,9	0,2	67,6
ПА-10*	29,4	1,3	67,9
ПА-8*	28,0	6,0	69,7
ПА-6*	29,0	12,0	72,3
ПТФЭ**	24,30	0,06	59,6
СЭВА**	28,30	4,08	66,3
ПЭВД**	30,69	1,81	69,8
ПП**	33,52	0,87	71,7
ПЭТФ**	33,29	3,33	73,8
ПК**	38,07	0,45	75,5
ПММА**	36,97	1,27	75,7
ПВХ**	37,70	0,80	75,8
ПС**	39,69	0,04	75,9

Примечание. * – данные рассчитаны исходя из значений краевых углов смачивания, опубликованных в работе [7]; ** – значения поверхностной энергии термопластичных полимеров опубликованы в работе [8].

Как видно из представленных в табл. 1 (составляющие свободной поверхностной энергии термопластичных полимеров и работа адгезии их к элементаризованному льну) данных, наблюдается увеличение работы адгезии термопластичных полимеров к элементаризованному льноволокну с ростом как полярной, так и дисперсионной составляющей поверхностной энергии полимеров, однако наиболее заметным является вклад дисперсионной составляющей поверхностной энергии связующего. Доказательством справедливости данного утверждения может служить рис.1 – поверхность, характеризующая влияние составляющих свободной энергии термопластов на работу адгезии к элементаризованному льну. Из табл. 1 следует, что наиболее высокими значениями W_a к элементаризованному льну характеризуются ПС, ПВХ и ПММА. По комплексу технологических показателей и ожидаемому качеству композитов, получаемых через расплав, наибольший интерес представляет ПВХ.

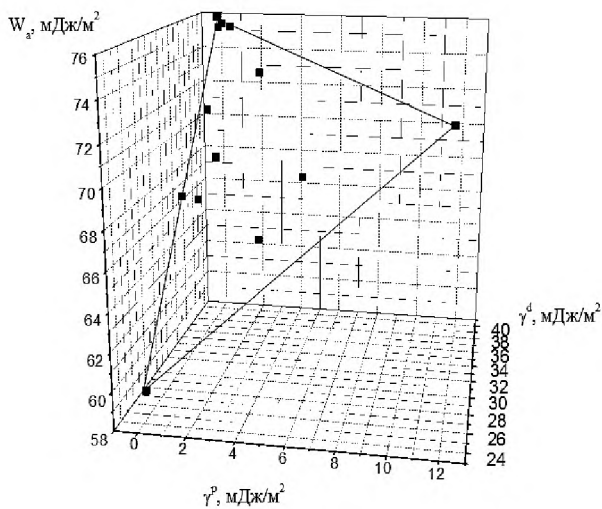


Рис. 1

Необходимо отметить, что ПВХ – это один из самых крупнотоннажных синтетических полимеров, применяемых в различных областях народного хозяйства. На его основе получают, как жесткие материалы – винилпласты (сайдинги, элементы кровли, профили пластиковых окон, водопроводные трубы и пр.), так и эластичные – пластикаты (линолеум, отделочные материалы, искусственная кожа, обувь и т.д.).

Недостатком ПВХ является низкая температура разложения полимера, что предполагает необходимость при получении композита использовать пластификатор, снижающий температуру перехода полимера в расплавленное состояние.

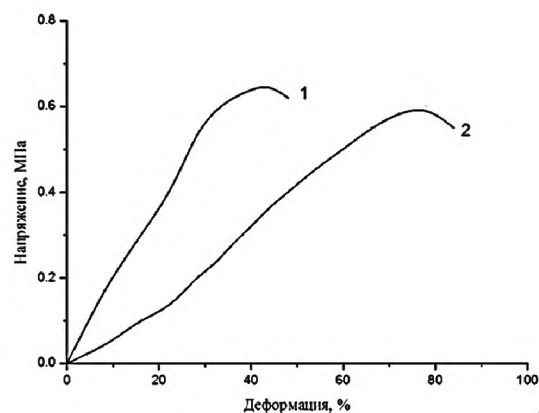


Рис. 2

На рис.2 (диаграммы растяжения композита ПВХ — элементаризованный лен — ДОФ (1) и связующего ПВХ — ДОФ (2)) представлены усредненные диаграммы растяжения при испытании пяти образцов пластин, толщиной 2 мм, полученных из эмульсионного ПВХ с добавлением в качестве пластификатора 100% от массы смолы диоктилфталата (ДОФ), а также композита, содержащего в качестве полимерной матрицы данную систему ПВХ – ДОФ с введением в качестве наполнителя резаного элементаризованного льна (длина < 5 мм) в количестве 30% от массы ПВХ. Как видно из рис. 2, введение наполнителя в виде резаного элементаризованного льна, хаотично расположенного в матрице пластифицированного ПВХ, значительно влияет на деформационное поведение материала. Введение короткого элементаризованного льна увеличивает способность композиционного материала сопротивляться деформации (по величине относительного удлинения при разрыве) в 1,7 раза. Происходит это благодаря тому, что короткие и жесткие волокна льна не удлиняются вместе с ПВХ матрицей из-за большой разницы в модулях упругости компонентов. В то же время часть макромолекул ПВХ отдельными своими участками адсорбируется на поверхности волокон и оказывается неподвижной.

В результате этого у поверхности волокон льна образуется слой связующего полимера с пониженной подвижностью. Наличие части "заторможенных" макромолекул ПВХ затрудняет деформацию композита и приводит к повышению модуля упругости в 3,3 раза. Увеличение модуля упругости способствует повышению разрывного напряжения композита $\sigma_{рк}$. Еще одной причиной, способствующей увеличению $\sigma_{рк}$, является происходящее при деформировании отслоение связующего полимера от наполнителя. Происходящее при этом рассеяние (диссипация) энергии увеличивает прочность образца. Рассчитанный, как отношение $\sigma_{рк} / \sigma_{рм}$, коэффициент усиления, где $\sigma_{рм}$ – разрывное напряжение пластифицированной ПВХ матрицы, составляет 1,08.

Учитывая механизм армирования матрицы пластифицированного ПВХ короткими и жесткими волокнами, основанный на иммобилизации части макромолекул связующего поверхностью наполнителя, следует ожидать существенного увеличения эффективности наполнения с увеличением удельной поверхности наполнителя, то есть с увеличением степени элементаризации льна.

ВЫВОДЫ

1. Проведен количественный анализ влияния химической природы широкого круга термопластичных полимеров на их способность выступать в качестве связующего для элементаризованного льноволокна при получении композиционного материала.

2. На основе анализа комплекса показателей сделан вывод о целесообразности использования в качестве связующего для элементаризованного льноволокна пластифицированного ПВХ.

3. Выявлен армирующий эффект при наполнении пластифицированного ПВХ элементаризованным льноволокном.

4. Показано, что при введении в пластифицированный ПВХ 30 масс.% от массы смолы элементаризованного льноволокна в 3,3 раза увеличивается модуль упругости и в 1,7 раза повышается способность ком-

позиционного материала сопротивляться деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Донецкий К.И., Хрульков А.В.* Применение натуральных волокон при изготовлении полимерных композиционных материалов //Труды ВИАМ. – 2015, № 2. С. 9.

2. <http://belagromech.by/print/press/de6376d0026cbf68>. Технологии производства и использования материалов из льна в машиностроении -Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства.

3. *Королева С.В., Жердев В.П., Петров Д.Л.* Использование технологий медицинского сопровождения лиц экстремальных профессий для оценки эффективности воздействия наноструктурной многополюсной магнитной системы // Нанотехнологии: разработка и применение. – 2016, №3, т.8. С.18...25.

4. *Баранов А.В., Ларин И.Ю., Морыганов А.П.* Обоснование возможности получения композитов на основе элементаризованного льноволокна. – СМАРТЕКС-2017.

5. *Стокозенко В.Г., Ларин И.Ю., Воронина Е.Р., Титова Ю.В., Морыганов А.П.* Влияние элементаризации льноволокна на его свойства и состав примесей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4.

6. *Богданова Ю.Г.* Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов. – М., 2010.

7. *Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В.* Физико-химические основы смачивания и растекания. – М., Химия, 1976.

8. *Сокурова Н.В.* Кислотные и основные параметры свободной поверхностной энергии полимеров и полимерных композиционных материалов: Дис...канд. хим. наук. – Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011.

REFERENCES

1. *Doneckij K.I., Hrulkov A.V.* Primenenie naturalnyh volokon pri izgotovlenii polimernyh kompozicionnyh materialov //Trudy VIAM. – 2015, №2. S. 9.

2. <http://belagromech.by/print/press/de6376d0026cbf68>. Tehnologii proizvodstva i ispolzovaniya materialov iz lna v mashinostroenii -Nauchno-prakticheskij centr Nacionalnoj akademii nauk Belarusi po mehanizacii selskogo hozyajstva.

3. *Koroleva S.V., Zherdev V.P., Petrov D.L.* Ispolzovanie tehnologij medicinskogo soprovozhdeniya lic ekstremalnyh professij dlya ocenki effektivnosti vozdejstviya nanostrukturnoj mnogopolyusnoj magnitnoj sistemy // Nanotehnologii: razrabotka i primenenie. – 2016, №3, t.8. S.18...25.

4. Baranov A.V., Larin I.Yu., Moryganov A.P. Obosnovanie vozmozhnosti polucheniya kompozitov na osnove elementarizovannogo Inovolokna. – SMAR-TEKS-2017.

5. Stokozenko V.G., Larin I.Yu., Voronina E.R., Titova Yu.V., Moryganov A.P. Vliyanie elementarizatsii Inovolokna na ego svoystva i sostav primesej // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2016, № 4.

6. Bogdanova Yu.G. Adgeziya i ee rol v obespechenii prochnosti polimernyh kompozitov. – M., 2010.

7. Summ B.D., Goryunov Yu.V. Fiziko-himicheskie osnovy smachivaniya i rastekaniya. – M., Himiya, 1976.

8. Sokorova N.V. Kislotnye i osnovnye parametry svobodnoj poverhnostnoj energii polimerov i polimernyh kompozitsionnyh materialov: Dis...kand. him. nauk. – Kazanskiy nacionalnyj issledovatel'skij tehnologicheskij universitet, 2011.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных изделий ТИ ИВГПУ. Поступила 02.02.18.
