

*А. В. Фирсова, Н. В. Воронин\**

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНОЙ ЧЕРЕПИЦЫ**

В настоящее время имеется необходимость в новых надежных и долговечных кровельных материалах.

Полимерная черепица – достаточно новый и пока малораспространенный материал. Но его популярность растет с каждым годом благодаря замечательным эксплуатационным качествам. Главные среди них – ударопрочность, низкая теплопроводность, хорошие звукоизолирующие свойства, минимальное водопоглощение, высокая морозостойкость, антистатичность, химическая и биологическая стойкость. По некоторым из них она даже превосходит натуральную черепицу, керамическую и бетонную.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента Д. О. Завражина.

Целью работы является разработка технологии производства полимерной черепицы.

В качестве сырья для производства полимерной черепицы используются полимеры, красители, а также специальные добавки, повышающие стойкость к воздействию огня и ультрафиолета или готовые полимерные листы с нужными свойствами. Уникальная особенность материала – возможность его производства из вторичного сырья, т.е. бывшего в употреблении пластика (полиэтиленовая пленка, пластиковые бутылки и пр.). Это позволяет решать не только задачи наполнения рынка качественными и недорогими строительными материалами, но и проблемы утилизации отходов и улучшения экологической ситуации.

Еще одна особенность рынка – отсутствие импортной продукции (возить черепицу из стран СНГ невыгодно, а в Европе материал вообще практически не известен).

Предлагаемая технология пластического деформирования обеспечивает производство более прочных и износостойких элементов кровли (черепица). Технологический процесс выглядит следующим образом: готовые полимерные листы с заданными свойствами помещаются в пресс-формы.

Как известно, при вторичной переработке полимерных материалов наблюдается разрушение молекулярной структуры полимеров, что ведет к снижению ряда эксплуатационных характеристик конечного изделия, в том числе, прочностных. Новая технология позволяет повысить качество готовой продукции, брак составляет 2...3%, что намного ниже, чем при применении традиционных методов.

Предложенный технологический процесс относится к ресурсосберегающим методам, так как сокращаются отходы производства.

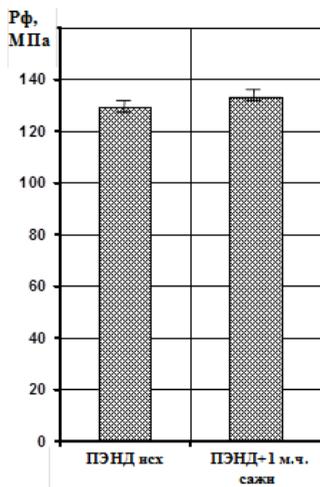
Предварительные исследования указывают на повышение физико-механических характеристик перерабатываемых материалов, что позволяет использовать вторичные полимеры в более агрессивных условиях [2, 3].

В качестве объекта исследования использовали полиэтилен высокой плотности низкого давления (ПЭНД) (ГОСТ 16338–85).

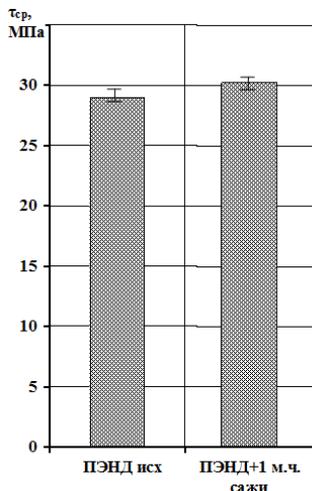
В качестве модифицирующей добавки используется технический углерод (сажа) марки К-354 (ГОСТ 7885–86).

В качестве заготовок использовали прутки диаметром 0,005 м и длиной 0,015 м, полученные жидкофазным формованием (ЖФ).

Опыты по твердофазной экструзии (ТФЭ) проводили на экспериментальной установке типа капиллярного вискозиметра с загрузочной камерой диаметром 0,005 м и экструзионным отношением  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$ .



**Рис. 1.** Сравнительная диаграмма необходимого давления формирования  $P_{\phi}$  модифицированных материалов на основе ПЭНД.  
 $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$ ,  $T_{\text{экс}} = 298$  К



**Рис. 2.** Диаграмма изменения прочностных характеристик модифицированных материалов на основе ПЭНД в условиях срезающих напряжений  $\tau_{\text{ср}}$  в зависимости от времени СВЧ-обработки композиций, полученных жидкофазной экструзией и прошедших твердофазное формование при  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$ ,  $T_{\text{экс}} = 298$  К

При оценке прочностных показателей в условиях срезающих напряжений после обработки по заданной методике показано повышение прочностных характеристик материала до 30% в направлении, перпендикулярном ориентации в режиме ТФЭ (рис. 2).

Для полимер-углеродных нанокомпозитов на основе ПЭНД, прошедших твердофазное формование, отмечено резкое снижение относительного удлинения при разрыве. Внесение углеродных модификаторов, вероятно, приводит к разрыхлению структуры полимерной матрицы с одновременным снижением эластичности материала. Однако, в результате модификации материала значительно повышаются его прочностные характеристики (табл. 1).

Для осуществления процесса листовой штамповки можно использовать различные прессы. Для листовой штамповки термопластов подходят не только механические или гидравлические прессы, но и специальные машины-автоматы, которые применяются для штамповки алюминиевой тары. При этом используются формы с несколько измененной конструкцией, чем формы для металла.

## 1. Сравнительные механические характеристики исходного и модифицированного ПЭНД

	Предел текучести $\sigma_t$ , МПа	Предел прочности при разрыве $\sigma_p$ , МПа	Относительное удлинение при разрыве $\epsilon_p$ , %	Модуль упругости $E$ , МПа
ПЭНД исх., ЖФ	23,122	14,722	3385,7	4,934
ПЭНД исх., ТФ	33,09	25,195	4935,6	5,968
ПЭНД + 1 масс. част. сажи, ТФ	37,87	37,87	2763,1	5,237

Экономическая эффективность листовой штамповки термопластов в твердой фазе заключается в коротком цикле формования, в малой разнотолщинности штампуемых изделий и в возможности получать заготовки для штамповки с малыми затратами.

*Работа выполнена при поддержке ведущей научной школы РФ (НШ-2411.2014.3).*

### Список литературы

1. *Завражин, Д. О.* Экономические преимущества использования твердофазной технологии при производстве изделий из полимеров и композитов / Д. О. Завражин, Г. С. Баронин, К. В. Завражина // Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В. И. Вернадского. – 2009. – № 9. – С. 345–346.
2. *Твердофазная обработка давлением полимерных композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена* / К. В. Шапкин, С. А. Иванов, Д. О. Завражин и др. // Перспективные материалы. – 2011. – № 11. – С. 455 – 461.
3. *Сравнительные молекулярно-релаксационные и структурно-механические характеристики композитов на основе СВМПЭ* / Г. С. Баронин, А. М. Столин, Д. О. Завражин и др. // Химическая технология. – 2009. – Т. 10, № 1. – С. 16 – 21.
4. *Влияние СВЧ-излучения на формирование структурно-механических свойств модифицированных полимер-углеродных материалов при твердофазной экструзии* / Г. С. Баронин, Д. О. Завражин, А. Г. Попов, М. С. Толстых // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия. Математика. Физика. – 2011. – Т. 23, № 11. – С. 123 – 128.

*Кафедра «Материалы и технология» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*