

2. Дворник Г.М. Анализ применения видеоконференцсвязи в учебном процессе высшей школы в период пандемии // Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 3-4 июня 2021 г. - Минск : БГАТУ, 2021. - С. 607-610.

УДК 678.074.678.762.2

**Р.М. Долинская, Н.Р. Прокопчук**  
Белорусский государственный  
технологический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

*Аннотация.* Целью данной работы является анализ свойств отходов резиновой промышленности и изучение возможности их применения в качестве наполнителей композитов. Наполненные полимеры представляют собой коллоидные дисперсные системы. Свойства этих систем определяются природой наполнителя, полимерной матрицы, а также процессами взаимодействия на границе раздела полимер – наполнитель.

**R.M. Dolinskaya, N.R. Prokopchuk**  
Belarusian State Technological University  
Minsk, Republic of Belarus

## **USE OF RUBBER CRAWAS AS A FILLER FOR POLYMER COMPOSITIONS**

*Abstract.* The aim of this work is to analyze the properties of rubber industry waste and study the possibility of their use as fillers in composites. Filled polymers are colloidal dispersed systems. The properties of these systems are determined by the nature of the filler, the polymer matrix, and also by the processes of interaction at the polymer-filler interface.

Важным направлением использования резиновой крошки является введение ее в полимеры в качестве наполнителя. В работе [1] было показано, что резиновая крошка на основе СКЭПТ характеризуются хорошей адгезией к полиэтилену и способна деформироваться вместе с матричным полимером.

Механические свойства дисперсных систем, каковыми являются смеси термопластов с резиновой крошкой, определяются следующими основными факторами:

- объемной долей дисперсной фазы;
- размером и формой частиц дисперсной фазы;
- прочностью связи на межфазной границе раздела дисперсной фазы и дисперсионной среды;
- механическими свойствами фаз.

Содержание дисперсной фазы в смеси полимеров может составлять от 5 до 40 мас.%. При изменении соотношения компонентов в смеси происходит обращение фаз, т.е. переход дисперсной фазы в непрерывную. Обращение фаз может наблюдаться как при равных соотношениях компонентов, так и при преобладании одного из них. При этом полимер, содержание которого в смеси меньше, так же способен образовывать непрерывную фазу. Возможность обращения фаз зависит от условий смешения, в первую очередь его интенсивности, температуры. Обращение фаз имеет большое значение для формирования свойств смесей полимеров [2,3].

Резиновая крошка при определенном содержании в композиции так же может образовывать непрерывную фазу с термопластом за счет различных физических эффектов.

Нами проведены исследования, которые показали, что при определенном соотношении термопластов и резиновой крошки можно достигнуть эксплуатационной совместимости системы и композиции, которые будут обладать высоким комплексом физико-механических свойств.

Согласно [4] в полиолефины можно ввести до 95 мас.% резиновой крошки, при этом полимер может сохранять непрерывную полимерную фазу матрицы. Можно предположить, что при образовании двух непрерывных фаз (полиолефина и резиновой крошки) возможно образование сетчатой структуры.

При теоретическом анализе влияния жестких частиц на деформацию в случае наполненного каучука Нильсен предложил модель композита, в которой частицы кубической формы уложены в узлах регулярной кубической решетки [5]. Он рассмотрел два крайних случая: наполнитель отслаивается или не отслаивается от полимерной матрицы. На основе модельных представлений и теоретических расчетов был сделан вывод, что деформация при разрыве композитов будет монотонно уменьшаться при увеличении объемной доли наполнителя, причем снижение деформационных характеристик должно проявляться в большей мере при сохранении целостности

границы частица – матрица. Удовлетворительное соответствие между расчетными и экспериментальными данными наблюдалось для композиционных материалов на основе хрупких матриц или резин с жесткими частицами. А в композитах на основе пластичных полимеров, деформирующихся с образованием шейки, согласованность расчетных и экспериментальных данных была лишь при небольших степенях наполнения. Несоответствие теоретического расчета с экспериментальными результатами обусловлено переходом этих композитов к хрупкому разрушению — «охрупчиванию». Переход от пластичного деформирования к хрупкому разрыву уже происходит при концентрации наполнителя не более 15 мас.% и проявляется в резком, примерно на два порядка, уменьшении удлинения при разрыве материала.

Охрупчивание композитов — негативный фактор, сужающий область их применения. Причина охрупчивания композитов на основе пластичных полимеров заключается в локализации пластического течения в области формирующейся шейки. При определенной степени наполнения композит начинает разрушаться в момент ее образования. Относительное удлинение материала при таком разрыве крайне невелико.

Введение в полимер наполнителя с размером частиц больше  $D_c$  неизбежно приведет к образованию ромбовидных пор в шейке материала. Если размер частиц меньше критического, образуются только овальные поры.

Способность частиц растягиваться вместе с матричным полимером может оказать влияние не только на условие появления опасных дефектов, но и на характер деформационного поведения и разрушения композиционного материала в целом.

Критический размер частиц, при котором в материале на основе полиэтилена в области шейки могут появляться ромбовидные поры, равен 0,5 мм.

Наибольший интерес вызывают тонкоизмельченные (независимо от способа получения) резиновые порошки. Благодаря более высокой степени дисперсности они могут использоваться в тех же резинах, что и крошка, но со значительно большей эффективностью и в больших дозировках. Изделия, содержащие тонкоизмельченные резиновые порошки, по качеству, внешнему виду превосходят изделия с крошкой.

Подобно резиновой крошке тонкоизмельченный резиновый порошок находит применение как в неответственных изделиях, так и в ответственных изделиях.

Таким образом, поведение композитов с небольшой

концентрацией наполнителя, частицы которого имеют схожие размеры, но разный уровень адгезионного взаимодействия с матричным полимером, принципиально различно. Если резиновая крошка имеет высокую адгезию к полимеру, то композит сохраняет пластичность, если нет, то разрушается квазихрупко.

### Список использованных источников

1. Гончарук Г.П., Серенко О.А., Никитин П.А., Баженов С.Л. Резинопласты – новый класс дисперсно-наполненных композиционных материалов // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2002. Т. 44. № 8. С. 1274–1280
2. Беспалов Ю.А., Коноваленко Н.Г. Многокомпонентные системы на основе полимеров.- Л.: Химия, 1981. 88 с.
3. Буряк В.П. Вторичные полимерные материалы // Полимерные материалы. – 2006. - № 12. – С. 16 – 22
4. Баженов С.Л., Гончарук Г.П., Кнунянц М.И., Авинкин В.С., Серенко О.А. Влияние частиц резины на механизм разрушения наполненного полиэтилена высокой плотности. // Высокомолекулярные соединения, Серия А. 2002. Т. 44. №4. С. 637–647
5. Nielsen L.E. Mechanical Properties of Polymers and Composites // J. Appl. Polymer Sci 1966. Vol. 10. N 1. P. 97–116

УДК 635.21.077: 621.365

**И.Б. Дубодел, П.В. Кардашов, В.С. Корко**

Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

### ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Аннотация.* В статье предложен способ коагуляции белков, основанный на химическом действии электрического тока, позволяющий снизить энергоемкость процесса и увеличить выделение белков.

**I.B. Dubodel, P.V. Kardashov, V.S. Korko**

Belarusian State Agrarian Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

### ADVANCED WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY