

О.М. Касперович, доц., канд. техн. наук;  
Л.А. Ленартович, доц., канд. техн. наук;  
Я.П. Казусик, магистр (БГТУ, г. Минск)

## **МИКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫЕ ДОБАВКИ В КОМПОЗИЦИЯХ ВТОРИЧНОГО ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО ПОЛИУРЕТАНА**

Сфера применения полиуретана очень широка, поскольку материал обладает множеством различных свойств. В сущности, единственным ограничением на повсеместное применение полиуретана является ограничение верхней границы температуры: полиуретан эксплуатируется при температуре до +80, кратковременно при температурах до +100, нижняя граница -60. Полиуретан способен выдерживать значительно более высокие нагрузки и вскоре возвращает первоначальную форму после внешнего воздействия, эластичен, не видоизменяется при взаимодействии с маслами, сохраняет эластичность даже при экстремально низких температурах. Он устойчив к механическому воздействию, обладает значительной упругостью и не поддается абразивам. Широкое применение полиуретан нашел в нефтегазовой, горно-рудной, горно-обогащительной промышленности, строительстве, машиностроении и автомобилестроении [1].

Вопрос вторичной переработки полиуретана приобретает все большее значение. Основным источником полиуретана для вторичной переработки являются использованные продукты, такие как электрические бытовые приборы, автомобили, обувная подошва, постельные принадлежности, ковровое покрытие и мягкая мебель. Еще одним источником перерабатываемого полиуретана являются промышленные производственные отходы [2].

Поскольку полиуретан в процессе первичной переработки и эксплуатации претерпевает значительные физико-химические изменения, их компенсация является важной задачей, которую можно решить на базе создания новых рецептурно-технологических решений путем введения в композицию модифицирующих добавок и наполнителей [3].

В качестве компонентов для получения исследуемых литевых композиций, кроме полимерной матрицы, которая состояла из первичного (ПУ) и вторичного термопластичного полиуретана (ТПУ) в разном процентном соотношении, использовали целевые функциональные добавки – микро- и наноразмерные дисперсные наполнители, а так же пластификаторы для повышения текучести композиции.

В данной работе для улучшения физико-механических свойств к

смесевой полимерной матрице добавляли такие минеральные дисперсные наполнители, как пирогенная двуокись кремния «Аэросил» и каолин, а также пластифицирующую добавку – глицериновый эфир канифоли (ГЭК) в различных процентных соотношениях.

Каолин с размером частиц менее 40 мкм используется при наполнении для повышения значений модуля упругости при растяжении, а также других деформационно-прочностных свойств и водостойкости.

Аэросил – наноразмерный дисперсный наполнитель неорганического происхождения. Размер его частиц правильной сферической формы не превышает 10 нм. Является аморфной формой пирогенетического диоксида кремния с формулой  $\text{SiO}_2$ .

В ходе проведения испытаний было установлено, что введение добавок в различном процентном соотношении положительно сказалось на физико-механических свойствах композиции. При увеличении содержания каолина до 10 мас.%, значение твёрдости по Шор А увеличивалось, значение износостойкости при абразивном износе уменьшалось, что связано со слоистой природой неорганического наполнителя.

Повышение концентрации каолина до 20 мас.% увеличивает прочность при разрыве, при этом заметен скачок при концентрации 7 мас.%. Введение наполнителя значительно повышает вязкость системы и снижает показатель текучести расплава, что вызвало необходимость введения пластифицирующей добавки - ГЭК. Ее введение закономерно приводит к некоторому снижению показателя прочности при разрыве.

Однако достигаемые значения прочности при разрыве находятся в пределах допустимых значений не менее 3,6 МПа, что является минимальным значением согласно ГОСТ 10124-76 при выпуске обувной подошвы – целевого назначения разрабатываемого нами материала.

Экспериментально выявлено, что состав полимерной матрицы так же оказывает значительное влияние на свойства композиции. Так, например, при добавлении каолина в смесь ПУ и ТПУ с содержанием ТПУ 10 мас.%, при постепенном повышении концентрации каолина прочность при разрыве увеличивается с 3,84 МПа при содержании каолина 5 мас.% до 7,21 МПа при 10 мас.%.

При добавлении ГЭК в образцы с каолином прочность при разрыве уменьшается с увеличением концентрации ГЭК до 3,94 МПа.

При увеличении содержания ТПУ до 15 мас.%, наблюдалось ухудшение показателей прочности. Так, для композиции, содержащей 10 мас.% ТПУ значение прочности при разрыве составило 7,21 МПа, а

для композиции, содержащей 15 мас.% ТПУ оно уже снижается до 6,50 МПа при одинаковом содержании наполнителя.

Введение каолина в количестве 7 мас.% положительно сказалось на твёрдости полимерной композиции, повысив значение твёрдости с 67,2 ед. до 74,24 ед. соответственно.

Добавление наноразмерного наполнителя «Аэросил» положительно сказывается как на твёрдости, так и на деформационно-прочностных свойствах композиции вследствие высокой дисперсности, развитой удельной поверхности и возможности формировать прочный межфазный слой на границе наполнитель-полимер за счет сшивки с полиуретаном при наличии силанольных групп на поверхности наполнителя. При этом количество вводимого наполнителя значительно уменьшается по сравнению с каолином.

При совместном введении рассмотренных минеральных наполнителей, абразивный износ образцов значительно увеличивается, так как увеличивается дефектность системы в связи с большим содержанием наполнителей с различной дисперсностью. Наполнители неравномерно распределяются в полимерной матрице, образуются агломераты с большим количеством воздушных включений, которые в свою очередь являются дефектными структурами, на которых начинается разрушение образца.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буркин, А. Н. Обувные материалы их отходов полиуретанов. / А. Н. Буркин, К. С. Маьвеев, В. К. Смелков, Г. Н. Солтовец. – Витебск, 2001. – 178 с.
2. Зонненшайн, М. Полиуретаны. Состав, свойства, производство, применение / М. Зонненшайн – СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. – 576 с.
3. Бюист Дж. М. Композиционные материалы на основе полиуретанов/Дж. М. Бюист; пер. с англ. под ред. Ф. А. Шутова – Москва: Химия, 1982. – 240 с.