

А. Н. РАДЮК, канд. техн. наук, доц.

Витебский государственный технологический университет (Витебск, Беларусь)

ПОЛУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ПОЛИУРЕТАНОВ

Аннотация

Представлен состав и технология получения материалов, описание основных ингредиентов и этапов технологии. Проведены исследования свойств полученных материалов и их комплексная оценка, по результатам комплексной оценки рекомендовал материал оптимального состава.

Ключевые слова: отходы полиуретана, технология, методы исследования, свойства, комплексная оценка.

Получение материалов на основе отходов полиуретанов позволяет значительно расширить круг их использования и разнообразие их свойств уже на основе созданных композиций и изделий из них. Физико-химическая модификация существующих полимеров, их комбинация с веществами иной природы, иной структуры – один из перспективных путей создания материалов с новым необходимым комплексом свойств [1, 2].

Использование полимеров как основы материалов, добавок, наполнителей и способов их обработки, введение их в полимер как в процессе синтеза, так и при переработке позволяет получать полимерные материалы разной структуры, с требуемым набором эксплуатационных свойств.

В зависимости от назначения полимерных материалов, с целью экономии дорогостоящего сырья, с учетом среды эксплуатации и декоративных требований, можно широко варьировать процентным содержанием исходного сырья и получать изделия с различными физико-механическими показателями и заданными эксплуатационными свойствами.

Целью работы является получение новых полимерных материалов (пластин обуви) на основе промышленных отходов полиуретанов, не уступающих по своим свойствам материалам, используемым в производстве обуви.

Полимерные пластины на основе отходов полиуретанов (ПУ) получают методом литья под давлением смеси, включающим расплав вторичного полимерного сырья и модификаторы, с формованием пластин в специальных пресс-формах по технологии, представленной на рис. 1.

В качестве основного компонента данных композитов используют вторичное полимерное сырьё в виде отходов ПУ производства обувных предприятий. В настоящее время на обувных предприятиях для производства подошв обуви и деталей низа обуви используют простые и сложные полиэферы, а также термопластичные полиуретаны.

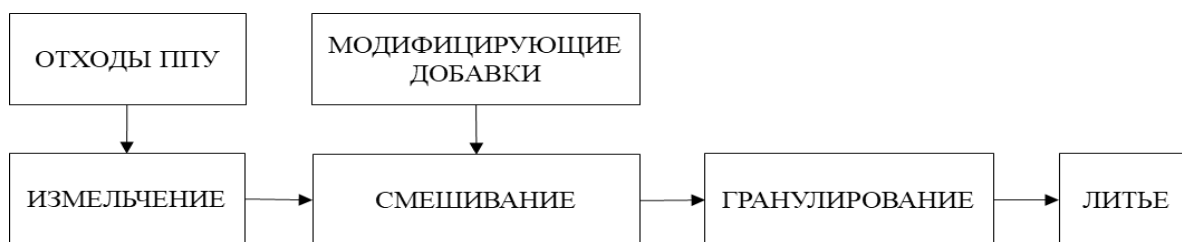


Рис. 1. Технология получения материалов (пластин обуви) на основе промышленных отходов ПУ

Для измельчения отходов полимерных материалов, используемых вторично использовали однороторную дробилку Alpine A 40/63-5-3, при этом старались достичь равномерную размерность частиц – отходы ПУ дробили до размеров 5 - 7 мм.

С целью повышения технологичности переработки материала применяли дополнительные ингредиенты (модифицирующие добавки): масло индустриальное и стеарат кальция. Приготовление смеси компонентов заключалось в их механическом смешении – совмещение компонентов композиций. Вторичного полимерное сырье смешивалось в лопастной мешалке с маслом, далее добавлялся стеарат кальция. Гранулированию подвергали высушенный дробленый материал и осуществляли с помощью шнекового экструдера ЭШПО-75, далее полученный композит охлаждали и дробили до размеров гранул 2-4 мм.

Для литья материалов (пластин обуви) использовали трехпозиционный статический литьевой агрегат SP 345-3 фирмы Main Group, позволяющий путем расплава композиции сформовать пластины различной толщины в пресс-формах для литья свободным наливом в форму. В результате реализации технологии были получены пластины обуви, из которых вырубали образцы для проведения испытаний и подтверждения качества полученных материалов по сравнению с материалами, используемыми в производстве обуви.

Для вырубки образцов для различных видов испытаний использовали различные штанцевые ножи: для получения образцов согласно ГОСТ 270-75 и ГОСТ 426-77. Форма и размеры образцов представлены на рис. 2.

Полученные образцы пластин исследовали по показателям, представленным в табл. 1.

Для оценки физико-механических и эксплуатационных свойств материалов использовали следующие показатели: плотность, твердость, прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве, сопротивление истиранию, сопротивление многократному изгибу. Отбор проб для испытаний материалов и изделий проводился в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов (ТНПА), объем выборки составил не менее 5-6 образцов.

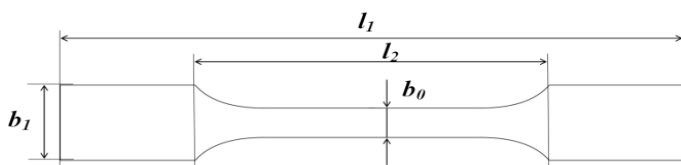


Рис. 2.1. Форма и размеры образца:
 $b_0 = 4$ мм, $b_1 = 12,5$ мм, $l_1 = 85$ мм,
 $l_2 = 40$ мм

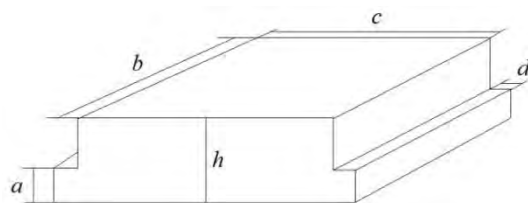


Рис. 2.2. Форма образца для испытания на истирание на приборе типа Грассели:
 $a = 3$ мм, $b = 20$ мм, $c = 20$ мм,
 $d = 4$ мм, $h = 8$ мм

Табл. 1. Методы исследования

Показатель	ТНПА	Метод
Плотность	ГОСТ 267-73 Резина. Методы определения плотности	Измерение плотности определением отношения массы образца к объему
Твердость	ГОСТ 263-75 Резина. Метод определения твердости по шору А	Измерение сопротивления резины погружению в нее индентора
Прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве	ГОСТ 270-75 Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении	Растяжение образцов с постоянной скоростью до разрыва и измерении силы при заданных удлинениях и в момент разрыва и удлинения образца в момент разрыва
Сопротивление истиранию	ГОСТ 426-77 Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении	Истирание образцов, прижатых к абразивной поверхности вращающегося с постоянной скоростью диска, при постоянной нормальной силе и определении показателей сопротивления истиранию или истираемости
Сопротивление многократному изгибу	ГОСТ ISO 17707-2015 Обувь. Методы испытаний подошв. Сопротивление многократному изгибу	Определение сопротивления разрастанию прокола при многократном изгибе путем подсчета числа изгибов в циклах, которое выдерживает образец до разрастания прокола более 6 мм.

Средние значения исследуемых показателей физико-механических и эксплуатационных свойств материалов (пластин обуви) представлены в табл. 2.

Табл. 2. Свойства материалов (пластин обуви)

Показатели	Состав композиции			
	ПУ (сложный полиэфир)	ПУ (простой полиэфир)	ПУ (сложный полиэфир) + ТПУ	ПУ (простой полиэфир) + ТПУ
	1	2	3	4
ρ , г/см ³	1,25	0,95	1,15	1,2
H, усл. ед.	78	53	72	64
ε_p , %	194	205	223	129
f_p , МПа	7,5	3,9	6,9	2,4
β , Дж/мм ³	7	4	6,6	3,5
N, тыс. циклов	30	20	30	30

Анализируя данные табл. 2, можно сделать следующие выводы: значение показателя плотности соответствует требованиям ГОСТ 10124-76 и находится в допустимых пределах – не более 1,3 г/см³; значения твердости находятся в пределах 70 - 80 усл. ед. для составов композиции № 1 и №3; относительное удлинение при разрыве должно быть не менее 170 % – для подошвенных материалов. Из исследуемых материалов по данному показателю не соответствует композиция № 4, что говорит о недостаточной пластичности материалов; условная прочность для подошвенных материалов должна быть не ниже 4,5 МПа (как для монолитных резин) и не более 8,0 МПа (значение ТПУ). Из исследуемых материалов по данному показателю не соответствует композиции № 2 и № 4; сопротивление истиранию и многократному изгибу являются определяющими для применения подобных материалов в качестве наружных деталей обуви и должно быть не менее 2,5 Дж/мм³ и 15 тыс. циклов соответственно (монолитные резины). Все композиции имеют достаточно высокие эксплуатационные свойства.

Для расчета комплексных оценок в качестве дифференциальных показателей были применены относительные показатели, дискретные ранги и непрерывные ранги. Дифференциальный метод оценки качества по относительным показателям осуществлялся сравнением единичных показателей качества материала с соответствующими базовыми показателями – нормами ГОСТ 10124-76. Дискретные ранговые оценки формируются расстановкой рангов: наилучший по показателю качества материал получает ранг 1, следующий за ним – ранг 2, и т. д.

Непрерывные ранговые оценки были рассчитаны по соответствующим формулам. Ранговые оценки, как дискретные, так и непрерывные, являются негативными: чем больше их величина, тем хуже. Это надо учесть при анализе комплексных оценок. Комплексные оценки – средняя арифметическая K, средняя геометрическая G и средняя гармоническая H – рассчитывались также

по формулам [3, 4]. Полученные результаты расчета комплексных показателей качества приведены в табл. 3.

Табл. 3. Комплексные оценки по различным дифференциальным показателям

Состав	По относительным показателям			По дискретным рангам			По непрерывным рангам		
	К	G	Н	К	G	Н	К	G	Н
1	1,79	1,68	1,57	1,24	1,14	1,09	1,05	1,04	1,04
2	1,19	1,15	1,11	3,31	3,23	3,15	3,35	3,12	2,76
3	1,74	1,64	1,56	1,78	1,67	1,56	1,27	1,14	0,93
4	1,15	1,03	0,93	3,10	2,77	2,34	3,01	2,65	2,23

По данным табл. 3 можно заметить, что все методы расчета дали одинаковый результат: лучшим материалом является – материал с составом композиции № 1.

По результатам проведенной комплексной оценки качества полученных материалов (пластин обуви) выяснилось, что все три метода комплексной оценки дали одинаковый результат: материал с составом композиции № 1 при разных методах подсчета, получил заслуженно оценку отлично – он проходит по всем нормам.

Таким образом, результатом проведенной работы является разработка технологии получения полиуретановых композиций для низа обуви и базовых рецептурных составов композиций, включающих отходы ПУ, пластификатор, стабилизатор. Проведена производственная апробация изготовления экспериментальных образцов материалов с использованием отходов. Проведены испытания физико-механических и эксплуатационных свойств полученных материалов, получены экспериментальные данные по их свойствам, сделан анализ и проделана комплексная оценка. Для дальнейших исследований и использования в качестве полимерной матрицы (основы композиций) рекомендуется материал с составом композиции № 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кербер, М. Л.** Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст] / М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин : учеб. Пособие / Под ред. А. А. Берлина. – СПб. : Профессия, 2008. – 560 с.
2. **Ивановский, С. К.** К вопросу переработки полимерных композиционных материалов / С. К. Ивановский и др. // *Advances in current natural sciences*. – 2014, № 12 (part 5). – P.592-595.
3. **Соловьев, А. Н.** Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов / А. Н. Соловьев, С. М. Кирюхин. – М.: Легкая индустрия, 1984. – 215 с.
4. **Соловьев, А. Н.** Оценка качества и стандартизация текстильных материалов / А. Н. Соловьев, С. М. Кирюхин. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 248 с.

Контакты:

ana.r.13@mail.ru (Радюк Анастасия Николаевна).