

Список использованной литературы

1. **Томашева, Р. Н.** Оценка формовочных свойств заготовок обуви с верхом из искусственных кож / Р. Н. Томашева, В. Е. Горбачик // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг : сб. науч. тр. / ИСОиП (филиал) ДГТУ. – Шахты, 2018. – С. 221–228.
2. **Универсальное** устройство к разрывной машине для испытания на растяжение образца материала верха обуви : пат. ВУ 20437 / А. Н. Буркин, О. А. Петрова-Буркина, В. Д. Борозна, А. П. Дмитриев, Ю. М. Кукушкина, В. А. Окуневич. – Оpubл. 08.06.2016.
3. **Устройство** к разрывной машине для оценки свойств материалов верха обуви сферическим растяжением : полез. модель ВУ 11705 / А. Н. Буркин, О. А. Петрова-Буркина, В. Д. Борозна, А. Н. Молочко. – Оpubл. 01.03.2018.
4. **Борозна, В. Д.** Контроль качества искусственных кож при производстве обуви / В. Д. Борозна, Н. В. Цобанова // Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь : материалы докл. Междунар. науч.-практ. симп., Витебск, 3 нояб. 2020 г. / ВГТУ. – Витебск, 2020. – С. 135–138.

УДК 006.83:685.34.082

А. Н. Буркин (a.burkin@tut.by),
д-р техн. наук, профессор

А. Н. Радюк (ana.r.13@mail.ru),
канд. техн. наук
Витебский государственный
технологический университет
г. Витебск, Республика Беларусь

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДОШВ ОБУВИ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ

В статье представлены рецептурно-технологические аспекты получения материалов и подошв обуви на основе отходов производства. С использованием разработанных рецептур полиуретановых композиций, модифицированных добавками, и анализом воздействия ингредиентов на свойства готовых изделий получены пластины обуви с наилучшими показателями свойств. На основе полученных данных в дальнейшем была проведена производственная апробация изготовления подошв обуви и оценка их качества.

The article presents the recipe and technological aspects of obtaining materials and shoe soles on the basis of production waste. Using the developed formulations of polyurethane compositions modified with additives, and analyzing the effect of ingredients on the properties of finished products, shoe plates with the best properties were obtained. On the basis of the data obtained, further production approbation of the manufacture of shoe soles and an assessment of their quality were carried out.

Ключевые слова: полиуретан; технология; компоненты композиции; материалы; свойства; подошвы обуви; оценка качества.

Key words: polyurethane; technology; composition components; materials; properties; shoe soles; quality assessment.

Любое производственное предприятие помимо выпускаемой продукции оставляет после себя десятки тонн отходов. Обувное производство не является исключением. В связи с этим актуальной является минимизация количества образующихся отходов путем внедрения в производство новых технологий и рецептур изделий, способных вовлечь в производственный процесс некоторую долю вторичного сырья.

На данный момент переработка отходов позволяет решить экологические проблемы, существенно снизить количество первичных сырьевых ресурсов и получить более дешевое сырье высокого качества. Наибольшая отдача, как в экономическом, так и в экологическом аспектах, для обувного производства проявляется при переработке полимерных материалов. Вместе с тем проблема переработки и утилизации таких материалов становится технически и экономически все более сложной, если учесть непрерывное улучшение их свойств: повышение стойкости к окислению, горению, биостойкости, механической прочности и т. д. В целом это многокомпонентная система, предсказать поведение которой при рециклинге невозможно, так как в нее

входят многочисленные ингредиенты: стабилизаторы, пластификаторы, наполнители, порообразователи и др.

По информации Совета по вторичной переработке и утилизации полиуретана (Polyurethane Recycle and Recovery Council), доля полиуретанов (ПУ), в том числе пенополиуретана (ППУ) в общей массе полимерных (пластмассовых) отходов достигает 5% по массе. Таким образом, вопрос их вторичной переработки является весьма актуальным. Ежегодно в мире используется более 16 млн т полиуретана, в будущем объем использования ПУ продолжит быстро расти. Сегодня известно лишь несколько способов их переработки, большинство из которых приводят к выпуску продукта более низкого качества и стоимости [1].

Целью данной работы является получение материалов и подошв обуви с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами и достаточным уровнем качества.

В настоящее время разработан ряд технологий, в том числе сотрудниками Витебского государственного технологического университета, позволяющих осуществить переработку отходов полимерных материалов. При всем многообразии способов переработки полимерных материалов и применяемого оборудования общая схема процесса может быть представлена следующим образом: предварительная сортировка и очистка, измельчение, смешивание, гранулирование и литье.

Первый этап проводится для разделения отходов ППУ по группам и внешнему виду.

Второй этап осуществляется на универсальном роторном измельчителе ИУР 200В, который обеспечивает равномерную размерность частиц (5–7 мм).

Этап смешивания необходим для предварительного равномерного распределения компонентов. Приготовление смеси компонентов заключалось в их механическом смешении – совмещении компонентов композиций.

Гранулированию подвергали предварительно высушенный дробленый материал на шнековом экструдере ЭШ-80Н4 при температурах от 140 °С до 180 °С. Подготовленную композицию перед литьем дробили до размеров гранул (2–4 мм). Высушенные гранулы упаковали в герметичную приемную тару.

Заключительным этапом технологического процесса использования отходов является переработка гранулята в изделия или литье. Для литья изделий использовали трехпозиционный литьевой агрегат SP 345-3 фирмы Main Group. Основные режимы литья композиции следующие: температура по зонам (1-я – 140–185 °С, 2-я – 145–195 °С); время подачи материала – 15–20 с; выдержка – 120–360 с [2].

Рецептурно-технологические аспекты получения материалов на основе отходов полиуретана включают в себя ингредиенты для повышения технологичности переработки материала и модификации свойств полимерных композиций, количественное соотношение их в композиции, порядок введения в композиции, а также конкретные режимы переработки и литья для изделий различной структуры.

На основе анализа рецептур (состава, ингредиентов) полимерных материалов были обоснованы конкретные ингредиенты и рецептурные составы композиций на основе отходов ППУ. По результатам пробного эксперимента были установлены массовые части ингредиента по отношению к отходам ППУ, позволяющие получать материалы с наилучшими показателями свойств (таблица 1).

Таблица 1 – Рецептурные составы композиций

| Структура готовых изделий | Основной компонент – отходы ППУ | Пластификатор – масло индустриальное | Стабилизатор – стеарат кальция | Порообразователь – концентраты вспенивающих добавок | Наполнитель – хлопчатобумажный полипропиленовый |
|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|---|
| М | + 100 масс. ч | + 5 масс. ч | + 1 масс. ч | – | – |
| П | + 100 масс. ч | + 5 масс. ч | + 1 масс. ч | + 3 масс. ч | – |
| В-Н | + 100 масс. ч | + 5 масс. ч | + 1 масс. ч | – | + 1 масс. ч |

В результате промышленной апробации были получены образцы материалов (пластин), проведены испытания их свойств. Для оценки физико-механических и эксплуатационных свойств материалов для низа обуви определяли плотность (ГОСТ 267-73 «Резина. Методы определения плотности»), твердость (ГОСТ 263-75 «Резина. Метод определения твердости по Шору А»), условную прочность, относительное удлинение при разрыве и остаточное удлинение после разрыва (ГОСТ 270-75 «Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении»), сопротивление истиранию при скольжении (ГОСТ 426-77 «Резина. Метод опре-

деления сопротивления истиранию при скольжении»), сопротивление многократному изгибу (ГОСТ ISO 17707-2015 «Обувь. Методы испытаний подошвы. Сопротивление многократному изгибу») [3]. Для исследования этих показателей были использованы электронные весы Radwag AS 220/C/2; твердомер 2033 ТИР, разрывная машина РТ-250М; прибор типа МИ-2 для определения сопротивления истиранию при скольжении, установка для определения сопротивления многократному изгибу подошв. Физико-механические и эксплуатационные свойства материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические и эксплуатационные свойства материалов

| Материал | ρ , г/см ³ | H , усл. ед. | f_p , МПа | ε_p , % | Θ , % | β , Дж/мм ³ | N , тыс. циклов |
|-----------------------------|----------------------------|----------------|-------------|---------------------|--------------|------------------------------|-------------------|
| М | 1,20 | 78 | 6,0 | 280 | 20 | 7,0 | 50 |
| П | 0,90 | 65 | 3,5 | 180 | 15 | 3,2 | 30 |
| В-Н | 1,05 | 82 | 4,8 | 200 | 18 | 6,0 | 30 |
| Примечание – Источник: [4]. | | | | | | | |

Результаты исследования значений свойств пластин показывают, что они соответствуют требованиям нормативно-технической документации и близки к используемым в настоящее время в обувной промышленности материалам.

На основе полученных данных в дальнейшем была проведена производственная апробация изготовления подошв обуви [4]. Свойства полученных образцов подошв представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Свойства подошв обуви

| Подошва обуви | ρ , г/см ³ | H , усл. ед. | f_p , МПа | ε_p , % | Θ , % | β , Дж/мм ³ | N , тыс. циклов | Коэффициент трения скольжения ($K_{скж}$) | Коэффициент старения (K_S) |
|---------------|----------------------------|----------------|-------------|---------------------|--------------|------------------------------|-------------------|---|--------------------------------|
| М | 1,15 | 77 | 5,8 | 275 | 19 | 7,2 | 50 | 0,51 | -8,5 |
| П | 0,87 | 66 | 2,7 | 150 | 16 | 3,4 | 50 | 0,43 | -6,8 |
| В-Н | 1,02 | 82 | 5,4 | 220 | 18 | 6,5 | 30 | 0,58 | -10,5 |

Исследование свойств подошв обуви в отличие от исследования свойств материалов (пластин) было дополнено коэффициентом трения скольжения ($K_{скж}$) и коэффициентом старения (K_S) при хранении в естественных климатических условиях.

Исследование подошв обуви по показателю $K_{скж}$ проводилось на приборе PARAM FPT-F1 в условиях аккредитованной лаборатории открытого акционерного общества «Витебскдрев», являющейся филиалом кафедры «Техническое регулирование и товароведение» Витебского государственного технологического университета, с использованием ламинированного напольного покрытия.

На данный момент значения $K_{скж}$ для материалов повседневной обуви стандартами не нормируются. На практике установлено, что для безопасного и комфортного движения человека он должен находиться в диапазоне 0,5–0,7 усл. ед. С учетом этих данных можно сделать вывод о том, что полученные образцы подошв обуви позволят обеспечить устойчивое положение человека при ходьбе по скользкой поверхности.

Показатель K_S при хранении в естественных климатических условиях рассчитывался как среднее значение показателей старения физико-механических и эксплуатационных свойств. Нормируемых данного показателя в процессе естественного климатического хранения также нет ни в одном техническом нормативном правовом акте. Поэтому если по большинству показателей значения свойств материалов в процессе старения превосходят или находятся в рамках нормируемых значений, то они могут использоваться в обувном производстве.

По данным таблицы 3 можно отметить, что свойства подошв с использованием отходов ППУ имеют достаточно близкие значения к материалам, применяемым в обувном производстве. Поэтому полученные материалы могут быть использованы для изготовления материалов и деталей для низа обуви: для производства подошв, каблуков и набоек для мужской и женской повседневной обуви весенне-осеннего периода носки.

Для оценки качества подошв целесообразно рассматривать не единичные показатели, а рассмотреть образцы в комплексе всех вышеприведенных показателей физико-механических и эксплуатационных свойств. Один из способов оценки качества состоит в том, что учитывает

аналогии между составом и свойствами исследуемого материала и материала, свойства которого уже известны. Данный способ был взят за основу для оценки качества исследуемых образцов. На основе приведенных данных рассчитывалось отношение каждого показателя исследуемых материалов к значениям эталона, эталон принимался за 100%. Для комплексной оценки качества использовали «многоугольник качества», для наглядного представления которого данные отображаются в виде лепестковой диаграммы. За эталон принимались резины соответствующей структуры. Это связано с тем, что в обувном материаловедении, на обувных предприятиях и в центрах испытаний при исследовании или характеристике свойств полимерных материалов за основу берутся методики испытаний на резину для низа обуви, поэтому и взяты такие аналоги. Вычисленные показатели качества представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения интегральных показателей оценки качества

| Подошва | Площадь лепестковой диаграммы | | Показатель качества, % | |
|---------|-------------------------------|---|------------------------|---|
| | для отлитых | спустя 1,5 года естественного хранения | для отлитых | спустя 1,5 года естественного хранения |
| М | 61 310,2 | 52 735,6 | 224,1 | 192,7 |
| П | 34 083,3 | 33 995,9 | 135,5 | 124,2 |
| В-Н | 45 984,0 | 42 414,4 | 168,0 | 155,0 |
| Эталон | 27 364,1 | 27 364,1 | 100,0 | 100,0 |

Полученные значения показателя качества для подошв обуви варьируют от 135,5% до 224,1% для отлитых подошв обуви, от 124,2% до 192,7% – для этих же подошв спустя 1,5 года естественного хранения.

Необходимо отметить, что состав, технология и свойства композиций пористых и волокнисто-наполненных материалов представлены в патентах на изобретение «Гранулированная композиция для литья облегченных обувных подошв» и «Композиция для низа обуви с волокнистым наполнителем».

Таким образом, разработана технология получения материалов и подошв и базовые рецептурные составы композиций, проведена производственная апробация изготовления экспериментальных образцов материалов (пластин) и подошв обуви с использованием отходов, поданы заявки на получение патентов на изобретение.

Список использованной литературы

1. **Zia, K. M.** Methods for polyurethane and polyurethane composites, recycling and recovery: a review / K. M. Zia, H. N. Bhatti, I. A. Bhatti // *Reactive & Functional Polymers*. – 2007. – Vol. 67. – P. 675–692.
2. **Радюк, А. Н.** Отходы обувных пенополиуретанов и их переработка в изделия / А. Н. Радюк, А. Н. Буркин // *Сб. науч. тр., посвящ. 75-летию каф. материаловедения и товарной экспертизы*. – М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. – С. 66–70.
3. **Система** показателей качества продукции. Материалы синтетические для низа обуви. Номенклатура показателей : ГОСТ 4.387-85. – Введ. 01.01.1987. – Минск : М-во легкой промышленности СССР, 1985. – 12 с.
4. **Материалы** и технологии получения изделий на основе отходов полиуретанов / А. Н. Радюк [и др.] // *Вестн. Витеб. гос. технолог. ун-та*. – 2020. – № 1 (38). – С. 100–112.